Les mystères engloutis d'Osiris p.54

© LAURENCE MOUTON/PLAINPICTURE
©GOODMIND FOUNDATION PHOTO: CHRISTOPH GERIGK

SCIENCES ET AVENIR
Sciencesetavenir.fr

VIVRE sans VIEILLIR p.26

Les réelles avancées de la science

ALIMENTS et ALZHEIMER p.70

M 02667 - 823 - F: 4,80 € - RD

SEPTEMBRE 2015 - N° 823 ALLEMAGNE 6.80 € / AUTRICHE 5.40 € / BELGIQUE 5.20 € / CANADA-USA 7.50 $ / ESPAGNE : 5.20 € / GRÈCE 5.20 € / ITALIE 5.20 € / LUXEMBOURG 5.20 € / MAROC 45.00 MAD / TOM 730 XPF / TOM (AVION) 1400 XPF / PORTUGAL 5.20 € / SUISSE 7.70 CHF / TUNISIE 6.50 TND / DOM 5.20 €

Nouvelle
BMW Série 3
Berline

www.bmw.fr

Le plaisir
de conduire

8545 XT 78

CY-302-GV

F

78

PROJECTEURS FULL LED AVEC
NOUVELLE SIGNATURE LUMINEUSE BMW.

AFFICHAGE TÊTE HAUTE HUD COULEUR.

* 14 314 128 BMW Série 3 vendues dans le monde (dont 436 149 en France) depuis le lancement de la 1ère génération en 1975 – données au 30/06/2015.
Équipements de série ou en option selon versions.
Consommations en cycle mixte de la Nouvelle BMW Série 3 Berline : **3,8 à 7,7 l/100 km**. CO_2 : **99 à 179 g/km** selon la norme européenne NEDC.
BMW France, S.A. au capital de 2805 000 € - 722 000 965 RCS Versailles - 3 avenue Ampère, 78180 Montigny-le-Bretonneux.

BMW EFFICIENT**DYNAMICS.**
MOINS D'ÉMISSIONS. PLUS DE PLAISIR.

NOUVELLE BMW SÉRIE 3.

PIONNIÈRE DEPUIS 40 ANS.

Automobile Premium la plus vendue au monde*, la BMW Série 3 s'est imposée comme la référence de sa catégorie. Cette 6ème et nouvelle génération offre un design toujours plus fascinant et de nombreuses technologies avant-gardistes.

NISSAN

Innovation that excites

NOUVELLE NISSAN PULSAR

UN LARGE ESPACE INTÉRIEUR POUR UNE OFFRE AJUSTÉE.

LA NOUVELLE BERLINE COMPACTE

À PARTIR DE

209 €/MOIS(1)

SANS APPORT SANS CONDITION(2)

- Espace places arrières XXL*
- Volume de coffre jusqu'à 1395 L

DÉMARREZ L'EXPÉRIENCE

Réservez votre essai sur **nissan.fr**

YOU+ NISSAN**

NOTRE PROMESSE. VOTRE EXPÉRIENCE.

+ Véhicule de remplacement gratuit.
+ Entretien Nissan au meilleur prix.
+ Assistance gratuite illimitée.
+ Diagnostic systématique offert.

Assistance 24h/24, 7j/7 au : 0805 11 22 33

Innover autrement. *89 cm aux jambes aux places arrières. **Dans cadre opérations d'entretien ; Conditions sur nissan.fr/promesse-client. (1) Exemple pour une Nouvelle Nissan PULSAR Visia DIG-T 115 neuve en Location Longue Durée sur 49 mois, 40 000 km maximum, premier loyer de 3 873 €(2) puis 48 loyers de 209 €. Restitution du véhicule chez votre Concessionnaire en fin de contrat avec paiement des frais de remise en état standard et des kilomètres supplémentaires. Sous réserve d'acceptation par Diac RCS Bobigny 702 002 221. **Modèle présenté :** Nouvelle Nissan PULSAR Connect Edition DIG-T 115 avec options Phares LED avec signature lumineuse et peinture métallisée, premier loyer de 3 501 €(2) puis 48 loyers de **279 €.** (2) Premier loyer pris en charge par votre Concessionnaire NISSAN. Offre réservée aux particuliers, non cumulable avec d'autres offres, valable jusqu'au 30/09/2015 chez les Concessionnaires participants. NISSAN WEST EUROPE SAS au capital de 5 610 475 € - RCS Versailles B 699 809 174 - Parc d'Affaires du Val Saint-Quentin 2, rue René Caudron - CS 10213 - 78961 Voisins-le-Bretonneux Cedex.

Consommations gamme cycle mixte (l/100 km) : 3,6 - 5,9. Émissions CO_2 (g/km) : 94 - 138.

ÉDITO

Dominique Leglu
Directrice de la rédaction

La bataille de la longévité

Jadis la Fontaine de jouvence trônait au cœur du *Jardin des Délices*, le célèbre tableau de Jérôme Bosch. Elle avait distillé ses bienfaits aux dieux de la mythologie et d'audacieux aventuriers partaient à sa conquête dans des contrées lointaines et merveilleuses... Aujourd'hui, serait-ce derrière les hauts murs de laboratoires high-tech, spécialisés en génétique, culture de cellules-souches, robotique... qu'on réussirait à la géolocaliser ? Si la quête de jeunesse éternelle n'a jamais quitté le cœur des hommes, une nouvelle impatience semble se faire jour. Après le XXe siècle qui a connu l'allongement spectaculaire (de plusieurs dizaines d'années) de l'espérance de vie dans les pays riches — et chez les plus nantis de la société *(p. 33)* —, ce XXIe siècle entend-il dépasser les bornes ? 120 ans ? 150 ans en bonne santé ? Après la baguette magique et la source miraculeuse, la science en viendra-t-elle à s'attaquer au défi suprême et déclarer « mort à la mort » ? Manifestement, certains y croient. Leur désir est d'ici et maintenant, sans attendre un quelconque paradis... Porteurs d'une nouvelle mystique de la science, inspirés par la vision transhumaniste *(p. 29)*, ils abondent à coup de centaines de millions de dollars des recherches destinées à faire reculer l'échéance fatale. *Sciences et Avenir* a voulu, dans ce numéro titré « Vivre sans vieillir », mieux faire découvrir leur nouvelle puissance à ses lecteurs. On les trouve surtout outre-Atlantique sous la figure de jeunes milliardaires, las de la lenteur des recherches étatiques et qui veulent enclencher le turbo. Exemple type : la mise sur pied en 2013 par Sergey Brin et Larry Page, cofondateurs de Google, de Calico (1) dont la mission est officiellement de « maîtriser les technologies de pointe permettant d'améliorer la compréhension de la biologie qui contrôle la durée de vie ». Illusion perverse ? Salutaire provocation ? Info ou intox ? En un dossier de 12 pages *(pp. 26-37)*, nous avons voulu mener un sérieux décryptage qui fasse la part du rêve et de la réalité. La réalité, d'abord. En priorité, pour les années qui viennent, force est de constater qu'il faudra surtout compter sur un entretien façon garagiste de notre corps, pièce par pièce — os, sang, cerveau, cœur... *(pp. 30-31)*. Un univers de cellules-souches, d'organes artificiels... venant pallier les déficiences. Avant qu'on ne trouve (ou pas) la voie dans notre Himalaya génétique. Une montagne de données qui n'a livré, pour l'instant, aucun secret de longévité *(pp. 34-35)* ! Si tant est qu'elle l'autorise jamais, bricolée par des millions d'années d'évolution. Si tant est que les scientifiques se l'autorisent aussi, devant les questions bioéthiques que toute manipulation génétique soulève. À preuve, cette première sur l'embryon humain récemment faite en Chine (2). Quant au rêve ? À chacun de nous de se le forger. Et de se demander si vivre plus de 120 ans (3) le tente pour de vrai. @dominiqueleglu

(1) Depuis une restructuration annoncée le 10 août, elle fait aujourd'hui partie de la holding Alphabet, qui chapeaute plusieurs filiales : Google, Calico, Boston Dynamics (robotique), Google X, Google Ventures, etc.
(2) Lire *Sciences et Avenir* n° 820, daté juin 2015 « Embryon humain, première manipulation génétique ».
(3) En 2013, une étude du Pew Research Center. (Washington) décomptait 4 % d'Américains ayant ce désir.

SCIENCES ET AVENIR

Pour joindre la rédaction :
41 bis, avenue Bosquet 75007 Paris - Tél. : 01.55.35.56.00.
E-mail : redaction@sciencesetavenir.fr - Site Internet : sciencesetavenir.fr

Directrice de la rédaction
Dominique LEGLU - 01.55.35.56.02
assistée de Valérie PELLETIER - 01.55.35.56.01

Rédacteurs en chef
Carole CHATELAIN (mensuel) - 01.55.35.56.57
Aline KINER (hors-série) - 01.55.35.56.42
Olivier LASCAR (pôle digital) - 01.55.35.56.15

Adjoint à la rédaction en chef
Laurent PERICONE (édition) - 01.55.35.56.10

Rédactrices en chef adjointes
Andreina DE BEI
(photo-iconographie) - 01.55.35.56.31
Stéphane DESMICHELLE
(pôle digital) - 01.55.35.56.24

Direction artistique
Thierry VERRET (conception)
Dominique PASQUET
(couverture) - 01.44.55.35.56.59
Jean-Louis GILABERT
(directeur artistique) - 01.55.35.56.28
Thalia STANLEY
(directrice artistique adjointe) - 01.55.35.56.21

Secrétaire générale de la rédaction
Véronique MESSAGER - 01.55.35.56.18

Chefs de service
Rachel MULOT (enquêtes) - 01.55.35.56.07
Mathieu NOWAK (actualités,
rendez-vous) - 01.55.35.56.38

Adjoint au chef de service
Hervé RATEL (actualités) - 01.55.35.56.45

Chefs de rubrique
Azar KHALATBARI (fondamental,
sciences de la Terre) - 01.55.35.56.46
Sylvie RIOU-MILLIOT
(médecine, santé) - 01.55.35.56.54

Rédaction
Bernadette ARNAUD grand reporter
(archéologie, histoire) - 01.55.35.56.44
Arnaud DEVILLARD (numérique,
data, généraliste) - 01.55.35.56.27
Marc GOZLAN (médecine bio,
généraliste) - 01.55.35.56.60
Olivier HERTEL (technologie,
futur, décryptage) - 01.55.35.56.03
Sylvie ROUAT
(espace, océanologie) - 01.55.35.56.40
Elena SENDER grand reporter
(biologie, neurosciences) - 01.55.35.56.43

Collaborateurs
Johan KIEKEN, Loïc CHAUVEAU,
Marie-Noëlle DELABY, Pierre MIQUEL,
Henri-Pierre PENEL

Assistante de rédaction
Isabelle RUDI-HOUET - 01.55.35.56.30 -
irudi@sciencesetavenir.fr

Ont participé à ce numéro
T. BEAUREPÈRE, E. GILLET, C. GIOL, S. HAGÈGE,
P. KALDY, R. KASSOUS, F. LEROY, E. TRÉGUIER

Secrétariat de rédaction
Frank MIETTON (1re secrétaire) -
01.55.35.56.17

Maquette
Horia BAHRI - 01.55.35.56.19

Photo-iconographie
Isabelle TIRANT - 01.55.35.56.32

Illustration
Betty LAFON - 01.55.35.56.37

Photogravure Aurélien AUGER,
Miloud BENTEBRIA, Jean-Luc CHYZY

Pôle digital
Erwan LECOMTE (chef de rubrique) -
01.55.35.56.56
Lise LOUMÉ (rédactrice santé) -
01.55.35.56.39
Damien HYPOLITE
(chef de projet infographie) - 01.55.35.56.23
Joël IGNASSE (rédacteur spécialisé) -
01.55.35.56.15
Hugo JALINIÈRE (rédacteur santé) -
01.55.35.56.52
Morgane KERGOAT (rédactrice animaux) -
01.55.35.56.41

Documentation
Isabelle DO O'GOMES (chef de service) -
01.55.35.56.49
Astrid SAINT AUGUSTE -
01.55.35.56.48

Fabrication
Xavier LOTH (directeur de la fabrication)
Stéphanie TERREAU (chef de fabrication)

Informatique
Daniel DE LA REBERDIÈRE -
01.55.35.56.06

Comptabilité - Ressources humaines
Mélanie BENKHEDIMI - 01.55.35.56.14
Nathalie TRÉHIN - 01.55.35.56.13

RENSEIGNEMENTS AUX LECTEURS, VENTE AU NUMÉRO
Isabelle RUDI-HOUET 01.55.35.56.50/56.30
41 bis, avenue Bosquet 75007 Paris.
courrier-lecteurs@sciencesetavenir.fr

ABONNEMENTS
Tél. : 01.40.26.86.11
8, rue Jean-Antoine de Baïf, 75013 Paris
abonnements@sciencesetavenir.fr

Tarif des abonnements :
France, 1 an simple (12 numéros) : 35 €. 1 an complet (12 numéros + 4 hors-séries) : 48 €. Tarifs pays étrangers sur demande.

Abonnements Belgique : Partner Press, tél. : 00.32.2.556.41.40 – www.viapresse.be

VENTES Numéro vert (réservé aux diffuseurs de Paris et aux dépôts) **0.800. 24.69.33**

PUBLICITÉ
MediaObs. 44, rue Notre-Dame-des-Victoires 75002 Paris
Tél. : 01.44.88.97.70. Fax : - 01.44.88.97.79.
Courriel : l'initiale du prénom puis nom suivi de @mediaobs.com

Directrice générale : Corinne ROUGÉ - 01.44.88.93.70
assistée de Marie-Noëlle MAGGIE - 01.44.88.93.70
Directeur de publicité : Sylvain MORTREUIL - 01.44.88.97.75
Directrice de clientèle et responsable Web :
Karine GROSSMAN - 01.44.88.89.08
Assistante commerciale : Séverine LECLERC - 01.44.88.97.57
Exécution : Nicolas NIRO - 01.44.88.89.26
Administration des ventes : Caroline HAHN - 01.44.88.97.58

Directeur commercial : Valéry SOURIEAU
Opérations spéciales : Joëlle HEZARD
Directeur des abonnements
Philippe MENAT - 01.44.88.35.02
assisté de Lina QUACH 34.54
Relations extérieures : France ROQUE - 01.44.88.35.79

Sciences et Avenir SAS
Président, Directeur de la publication :
Claude PERDRIEL
Secrétaire général : Jean-Claude Rossignol

Multimédia : ID OBS, 10-12, place de la Bourse, 75002 Paris. Tél. : - 01.44.88.34.34.
Imprimerie SEGO-Taverny. Distribution Presstalis.

OJD PRESSE PAYANTE Diffusion Certifiée 2014

Les noms et adresses de nos abonnés seront communiqués aux organismes liés contractuellement avec Sciences et Avenir, sauf opposition. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement. Ce numéro comprend un catalogue Objets du mois, un message L'Obs et un message Psychologies jetés sur couverture en diffusion partielle des abonnés, et un encart Linvosges jeté sur la totalité des abonnés.
Commission paritaire n° 0615 K 79712. ISSN 00368636. Distribué par Presstalis.

NOUVELLE TOYOTA AVENSIS

PACK SÉCURITÉ **TOYOTA SAFETY SENSE™** DE SÉRIE

TOYOTA

TOUJOURS MIEUX
TOUJOURS PLUS LOIN

DÉCOUVREZ TOUTES LES FONCTIONS DU
TOYOTA SAFETY SENSE(2) :

- SYSTÈME DE SÉCURITÉ PRÉCOLLISION
- GESTION AUTOMATIQUE DES FEUX DE ROUTE
- ALERTE DE FRANCHISSEMENT DE LIGNE
- LECTURE DES PANNEAUX DE SIGNALISATION

AVENSIS EXECUTIVE BERLINE SURÉQUIPÉE
à partir de

299 €/MOIS(1)

LOA* 37 MOIS. 1ER LOYER DE **5000 €** SUIVI DE 36 LOYERS DE **299 €**/MOIS. **MONTANT TOTAL DÛ EN CAS D'ACQUISITION : 30764 €.**

ENTRETIEN INCLUS** SANS CONDITION DE REPRISE

UN CRÉDIT VOUS ENGAGE ET DOIT ÊTRE REMBOURSÉ. VÉRIFIEZ VOS CAPACITÉS DE REMBOURSEMENT AVANT DE VOUS ENGAGER

Consommations mixtes (L/100 km) de 4,2 à 6,4 et émissions de CO_2 (g/km) de 108 à 148 (B à D). Données sous réserve d'homologation (CE).

(1) Exemple pour une Toyota Avensis 112 D-4D Berline Executive neuve au prix exceptionnel de **26500 €**, remise déduite de **4000 €**. *Location avec Option d'Achat 37 mois, 1er loyer de **5000 €**, suivi de 36 loyers de **299 €/mois** hors assurances facultatives. Option d'achat : **15 000 €** dans la limite de 37 mois & 45000 km. Montant total dû en cas d'acquisition : **30764 €**. Assurance de personnes facultative à partir de **29,15 €/mois** en sus de votre loyer, soit **1078,55 €** sur la durée totale du prêt. **Modèle présenté : Toyota Avensis 143 D-4D Break Touring Sports Executive** peinture métallisée et option jantes alliage 18" incluses, au prix de **29420 €** remise de **4000 €** déduite, à **369 €/mois** en LOA* 37 mois. 1er loyer de **5000 €** suivi de 36 loyers de **369 €**/mois. Option d'achat : **15850 €** dans la limite de 37 mois & 45000 km. Montant total dû en cas d'acquisition : **34134 €**. Assurance de personnes facultative à partir de **32,36 €/mois** en sus de votre loyer, soit **1197,32 €** sur la durée totale du prêt. (2) Le fonctionnement des dispositifs d'aide à la sécurité Toyota Safety Sense™ dépend de facteurs extérieurs. **Entretien inclus dans la limite de 3 ans & 45 000 km (au 1er des 2 termes atteint). Offre réservée aux particuliers, valable jusqu'au **30 septembre 2015** chez les distributeurs Toyota participants et portant sur le tarif en vigueur au jour de la souscription du contrat. En fin de contrat, restitution du véhicule dans votre concession avec paiement des frais de remise en état standard et des éventuels kilomètres excédentaires. Sous réserve d'acceptation par Toyota France Financement, 36 bd de la République 92423 Vaucresson, RCS 412 653 180 - n° ORIAS 07 005 419 consultable sur www.orias.fr

TOYOTA FRANCE - 20, bd de la République 92420 Vaucresson - SAS au capital de 2 123 127 € - RCS Nanterre B 712 034 340 - NAFTOC & SAATOC | duke

SOMMAIRE

Sciences et Avenir / N° 823 / Septembre 2015

LAURENCE MOUTON/PLAINPICTURE

DOSSIER P. 26

Vivre sans vieillir

À l'heure où des millions de dollars sont investis outre-Atlantique, quelles sont vraiment les recherches de pointe permettant de rallonger la durée de vie de l'être humain ?

5 Édito par Dominique Leglu

9 Courrier

ÉVÉNEMENT

10 Le premier neurone artificiel

SCIENCES FONDAMENTALES

14 **ACTUALITÉS** / Les anneaux de Saturne, c'est mathématique ! / La danse de la poussière / Climat : le Soleil innocenté

46 Coloniser Mars, une mission sans retour

50 Les microalgues bientôt à la pompe

53 Très ancien champ magnétique terrestre

53 Livres

HISTOIRE

16 **ACTUALITÉS** / Sur la piste de Néfertiti/ La dent humaine de Tautavel a 550 000 ans / Un circuit cérébral intégré a favorisé le langage

54 Et Osiris surgit des eaux...

58 L'agriculture, 23 000 ans déjà !

59 Livres

NATURE

18 **ACTUALITÉS** / La pollution au cyanure, défi majeur après l'explosion de Tianjin / L'adaptation nocturne du kiwi / La culture aéroponique, ça pousse !

60 La chasse aux tueurs de végétaux s'intensifie

64 François Garde : pour l'amour des antipodes

66 Ces déchets de plastique qui envahissent les océans

69 Livres

SANTÉ

20 **ACTUALITÉS** /Demain, des moustiques moins résistants / Le prion bloqué chez des souris / Comment « La Mort aux trousses » saisit le cerveau

70 La prévention d'Alzheimer au menu

74 Revue de presse santé

75 Un vaccin efficace contre Ebola

75 Livres

76 Fourchette ou baguettes ?

HIGH-TECH

22 **ACTUALITÉS** / Le kirigami au secours de la puce / Un chien robot pour soulager les troubles mentaux / Comment distinguer une voix dans le brouhaha

78 Quand les machines apprennent toutes seules

82 Marina Zannoli : « Les casques de réalité virtuelle, un défi technologique »

84 Une voiture piratée à distance

85 L'université de la Singularité s'installe à Paris

85 Livres

SCIENCE PRATIQUE

86 Des fauves sont-ils spécialement élevés pour la chasse en Afrique ?

88 Test : les imprimantes 3 D

92 L'observation du ciel de septembre

94 Rendez-vous

96 Tourisme : sous le charme des aurores boréales

98 L'info en continu sur sciencesetavenir.fr

SPL

Des colons en lice pour occuper une base martienne (vue d'artiste) p. 46

C. GERIGK - F. GODDIO/HILTI FOUNDATION

Des vestiges du culte d'Osiris surgissent des fonds marins p. 54

PIERRE HUGUET DUBIEF/BIOSPHOTO

Comment éliminer les déchets en plastique des océans ? p. 66

JOURNÉE MONDIALE **ALZHEIMER**
21 SEPTEMBRE 2015

Contre la maladie d'Alzheimer Soyons TOUS mobilisés !

Aujourd'hui, 3 millions* de personnes souffrent de la maladie d'Alzheimer dans notre pays.
POUR NOS AÎNÉS, NOS PARENTS, NOS ENFANTS, IL EST URGENT D'AGIR !

En soutenant France Alzheimer et maladies apparentées, vous agissez sur tous les fronts.

- Faire bénéficier des milliers de familles, partout en France, d'un accompagnement et d'un soutien concret, pour continuer à vivre malgré la maladie ;
- Continuer à faire avancer la recherche par le financement de projets scientifiques parmi les plus prometteurs ;
- Mobiliser les pouvoirs publics et apporter des réponses efficaces face à cet enjeu de santé publique majeur.

Maladie d'Alzheimer. TOUS Concernés. TOUS Mobilisés.

DONNEZ SUR : www.francealzheimer.org ou par chèque à :
France Alzheimer – Opération Journée mondiale – 21 bd Montmartre – 75002 Paris

DON en CONFIANCE

Merci

www.francealzheimer.org
UN MALADE, C'EST TOUTE UNE FAMILLE QUI A BESOIN D'AIDE

30 ANS DE MOBILISATION

FRANCE ALZHEIMER & MALADIES APPARENTÉES

* Personnes malades et leurs proches

Service communication France Alzheimer. Maquette : Mélaminebonnemine. SEPT2015.

COURRIER

« Un petit mot pour vous dire à quel point votre travail est formidable ! Vos articles sont passionnants et captivants. Chaque jour, j'apprends de nouvelles choses pour mon plus grand bonheur. Merci à toute la rédaction ! » **Kevin Bouhourdin** (courriel)

« Climat, ce qui nous attend »
(*Sciences et Avenir* n° 821, juillet 2015)

Courriels à : **redaction@sciencesetavenir.fr**

NOS LECTEURS qui ont apprécié le dossier sur le changement climatique, préparatoire à la réunion internationale COP 21 à Paris en fin d'année, continuent à se poser des questions sur les paramètres pouvant jouer sur le climat.

« Il me semble avoir lu ici où là que notre astre solaire entrait depuis peu dans une période de moindre activité — comme cela s'est déjà produit à la fin du Moyen Âge et jusqu'au milieu du XVIIIe siècle — avec pour conséquence un potentiel refroidissement à venir... Sans être climato-sceptique, il n'y a en effet plus de doute quant à l'origine anthropique du réchauffement, quid de l'activité du Soleil qui est tout de même le seul pourvoyeur de notre chauffage terrestre ? Enfin, quelles peuvent en être les répercussions sur le climat à venir ? »
Didier Castes (courriel)

S. et A. : Un lien convaincant a pu être établi entre l'activité solaire et le climat à travers l'exemple classique du fameux « cycle de 11 ans ». Cette activité influe sur les températures et les vents de la stratosphère et à l'échelle globale, la variation sur la température du globe est estimée à environ 0,1 - 0,2 °C. Pour ce qui concerne le « petit âge glaciaire » que vous mentionnez dans votre question, il faut savoir que les données scientifiques actuelles montrent que les différentes régions du globe n'ont pas été affectées de la même manière. Et aujourd'hui, les scientifiques ne se réfèrent plus seulement pour l'expliquer à une baisse de l'activité du Soleil, comme on l'a dit pendant longtemps, mais bien plus à l'influence de grandes éruptions volcaniques ainsi qu'aux oscillations intrinsèques du système climatique.
Pour ce qui est des évolutions sur le très long terme (âges glaciaires et interglaciaires, dizaines ou centaines de milliers d'années), c'est aux variations des paramètres de l'orbite terrestre (excentricité, inclinaison de l'axe du globe, précession des équinoxes) qu'on attribue des variations de l'ordre de plusieurs degrés de la température globale de la Terre. En résumé, avant que l'influence d'une baisse de l'activité solaire ne se fasse sentir, il faudra attendre plusieurs milliers d'années. Pour les décennies à venir, c'est l'augmentation des gaz à effet de serre qui prime et provoque une hausse globale de la température terrestre. *(Lire aussi p. 15.)*

Précisions n° 821, juillet 2015. Frédéric Decker n'est pas météorologue amateur mais professionnel, formé notamment au Manchester Weather Forecast (Royaume-Uni).

n° 822, août 2015. Dans l'article « Rosetta a rendez-vous avec le Soleil », il fallait lire que la sublimation est le passage de l'état solide à l'état gazeux et non le passage du solide au liquide.

n° 822. Dans l'article « La chimie au secours des toiles de maître », le synchrotron Soleil a pour tutelle le CNRS et le CEA.

n° 822. Dans la légende de la photo prise devant les réacteurs de Fukushima, p. 55, il fallait lire 300 microsieverts/heure et non 300 millisieverts/heure pour la radioactivité ambiante.

Réponse au quiz d'été

À la question mystère de notre quiz (n° 822, août 2015) : *« Des chercheurs ont découvert que la soie d'araignée n'est pas le matériau le plus solide du monde vivant. Quel est-il ? »*, il fallait répondre : la dent de bernique (ou patelle), un coquillage à chapeau chinois. Cette dent, qui lui sert à brouter sur les rochers, a une résistance de 4,9 GPa, contre 4 GPa pour la soie des arachnides.

BIOMIMÉTIQUE Discipline scientifique qui vise à s'inspirer du vivant pour tirer parti des solutions et inventions produites par la nature.

NEURONE Cellule de base du système nerveux. Elle reçoit, analyse et transmet des informations sous forme de signaux électriques (influx nerveux).

NEUROTRANSMETTEUR (ou neuromédiateur). Molécule chimique synthétisée et libérée par un neurone qui assure la transmission des messages d'un neurone à l'autre. Il en existe de plusieurs sortes (dopamine, glutamate, Gaba...)

Le premier neurone artificiel

Une équipe de chercheurs suédois a conçu un micro-appareil reproduisant parfaitement la fonction des neurones biologiques. Ce système apporte un espoir notamment dans le traitement de la maladie de Parkinson.

PAR
Elena Sender, envoyée spéciale à Stockholm

En 2025, le patient atteint de la maladie de Parkinson est installé au bloc opératoire. Par une petite incision dans le crâne, le neurochirurgien lui implante un tout nouveau dispositif, une sorte de bouquet d'aiguilles microscopiques en plastique qu'il va ficher, sous microscope, dans une zone du cerveau. Puis il insère, à quelques centimètres, un autre bouquet, fait de microtubes. Appelés neurones biomimétiques, ces microdispositifs sont en fait des neurones artificiels, qui reproduisent parfaitement la fonction des cellules nerveuses biologiques. De quoi pallier les manques du cerveau malade en lui distribuant, lorsqu'il en a besoin, les substances qui lui font défaut. Sorti du bloc opératoire, le patient se réveille quelques instants plus tard... sans aucun des symptômes de sa maladie, en particulier les tremblements. Une révolution ! Cette scène d'anticipation pourrait devenir réalité dans la décennie à venir. C'est du moins ce à quoi travaille sans relâche une équipe de l'institut Karolinska en Suède, l'un des centres de recherche biomédicale les plus réputés au monde, qui décerne chaque année le prix Nobel de physiologie et médecine.

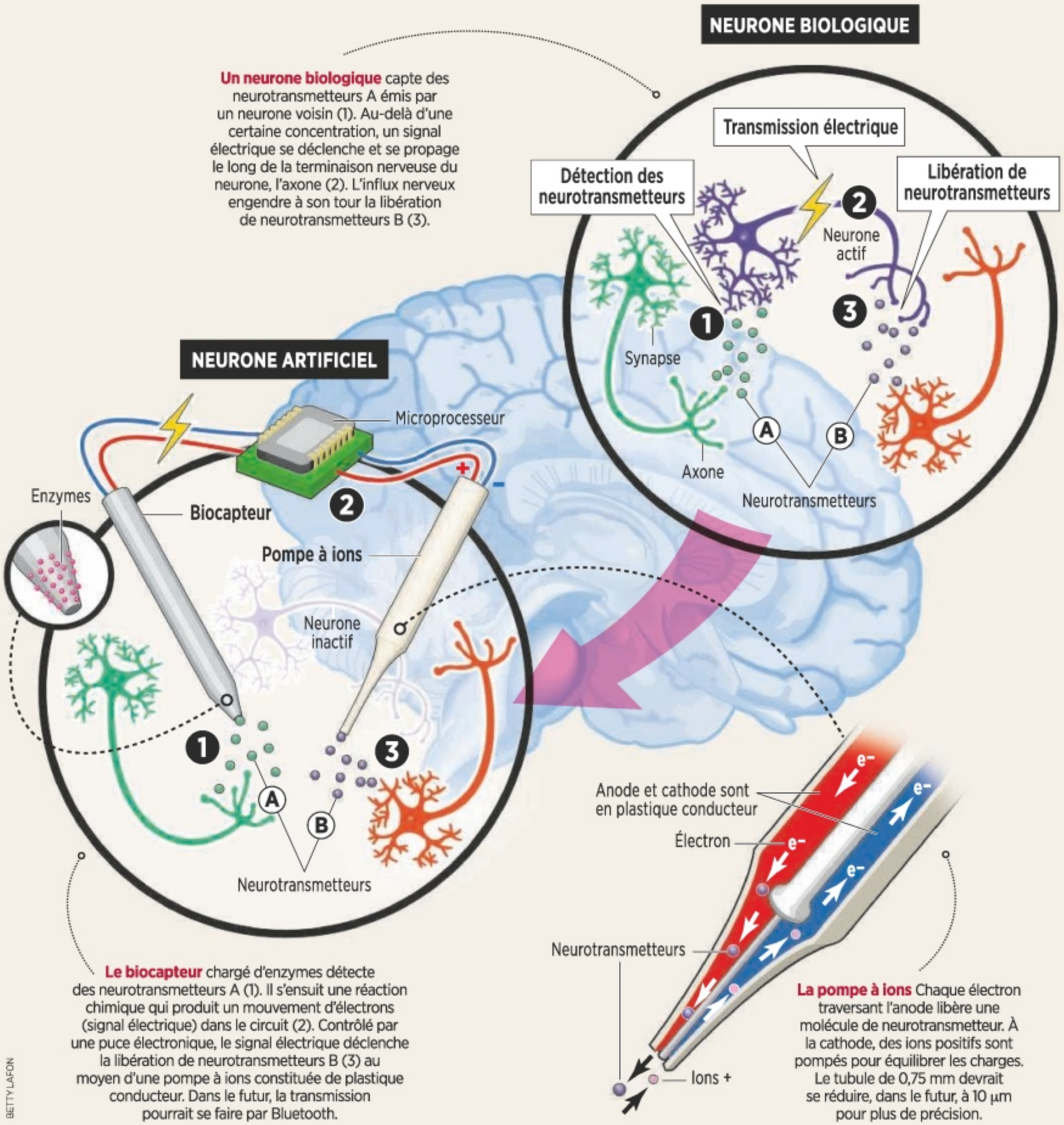
Délivrer des molécules au cerveau de façon contrôlée

Avec un premier succès d'envergure : la mise au point en juin 2015 du premier prototype de neurone biomimétique. Pour en savoir plus, direction le nord de Stockholm, à vingt minutes en voiture du centre-ville. Un drapeau rouge « Karolinska Institutet » claque au vent. La Nobels väg (la route des Nobels) serpente entre les bâtiments de brique rouge et les pelouses soignées avant de déboucher dans la Scheeles väg (la route de Scheeles, chimiste suédois du XVIIIe siècle). Là, derrière un cerisier croulant sous les fruits mûrs, se niche le Swedish Medical Nanoscience Center. Au troisième étage, le laboratoire affiche sa profession de foi, épinglée sur la porte d'entrée : « *Notre objectif : répondre aux besoins médicaux qui nécessitent une nouvelle technologie.* » Tout est dit. Trouver des applications concrètes aux découvertes scientifiques est ici la règle. Deux jeunes chercheurs, Susanne Löffler et Benjamin Libberton, y travaillent depuis plusieurs années avec la fondatrice et directrice des lieux, Agneta Richter-Dahlfors, chimiste et microbiologiste. Fiers de leur réussite commune. « *Il nous semblait crucial de parvenir à trouver enfin un dispositif implantable dans le cerveau qui puisse délivrer des molé-*

BIOMIMÉTISME

Comment le microdispositif imite le vivant

En transmettant l'information d'une cellule à l'autre de manière contrôlée, comme le fait un neurone biologique, ce dispositif permettrait de pallier la dégénérescence cérébrale.



Un neurone biologique capte des neurotransmetteurs A émis par un neurone voisin (1). Au-delà d'une certaine concentration, un signal électrique se déclenche et se propage le long de la terminaison nerveuse du neurone, l'axone (2). L'influx nerveux engendre à son tour la libération de neurotransmetteurs B (3).

Le biocapteur chargé d'enzymes détecte des neurotransmetteurs A (1). Il s'ensuit une réaction chimique qui produit un mouvement d'électrons (signal électrique) dans le circuit (2). Contrôlé par une puce électronique, le signal électrique déclenche la libération de neurotransmetteurs B (3) au moyen d'une pompe à ions constituée de plastique conducteur. Dans le futur, la transmission pourrait se faire par Bluetooth.

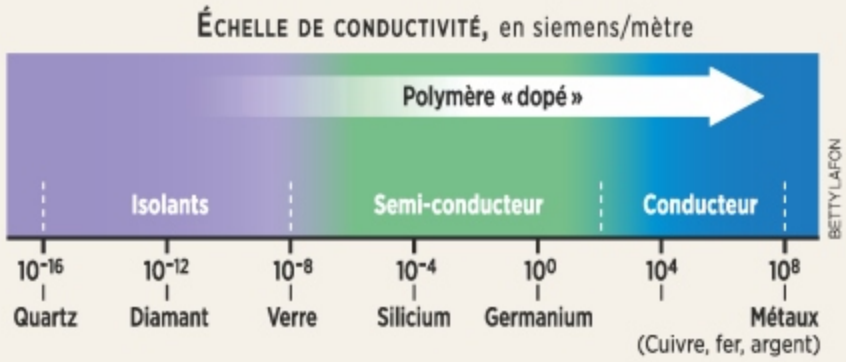
La pompe à ions Chaque électron traversant l'anode libère une molécule de neurotransmetteur. À la cathode, des ions positifs sont pompés pour équilibrer les charges. Le tubule de 0,75 mm devrait se réduire, dans le futur, à 10 µm pour plus de précision.

BETTY LAFON

CONDUCTIVITÉ

Le plastique fantastique de la pompe

Le secret du neurone mimétique tient à sa terminaison nerveuse artificielle ou pompe à ions *(voir le schéma p. 11)* faite de... plastique. Mais le matériau utilisé, contrairement à la plupart des plastiques, est conducteur. Autrement dit, il a la propriété de véhiculer un signal électrique.
Il s'agit de poly(3,4-éthylènedioxythiophène), ou Pedot, que l'on a dopé avec du poly(styrène sulfonate), ou PSS, afin d'augmenter sa conductivité. C'est l'application directe d'une découverte révolutionnaire récompensée en 2000 par le prix Nobel de chimie décerné à Alan Heeger, de l'université de Californie (États-Unis), Alan MacDiarmid, de l'université de Pennsylvanie (États-Unis), et Hideki Shirakawa de l'université de Tsukuba (Japon). Tous trois ont en effet démontré qu'on pouvait, grâce à un traitement chimique, rendre conducteur un plastique. Comment ? Un conducteur est un matériau laissant passer les électrons. Or, les plastiques sont des polymères — longues chaînes de molécules — où les électrons sont très peu mobiles, emprisonnés dans des liaisons stables. Les chercheurs ont découvert qu'en traitant un film plastique (polyacétylène) avec de la vapeur d'iode, les électrons se mettaient en mouvement. En effet, le traitement arrachant des électrons au matériau, ceux qui restent peuvent « sauter » de trou en trou, augmentant la conductivité. Les plastiques ainsi produits se hissent quasi au même niveau que les métaux *(voir l'échelle de conductivité)*. Ils composent désormais des écrans tactiles, des papiers électroniques, des cellules photovoltaïques et donc, dans le cas du neurone artificiel, des électrodes. **E. S.**



Le polymère (plastique) « dopé » voit sa conductivité augmenter jusqu'à égaler celle des métaux.

cules, de façon non pas continue, mais contrôlée, selon les besoins, explique le microbiologiste Benjamin Libberton. *Notamment les neurotransmetteurs, indispensables à son bon fonctionnement.* »
Pour comprendre, rappelons que le cerveau fonctionne grâce à ses cent milliards de neurones qui ne cessent de communiquer entre eux. « *Cette communication est "chimio-électrochimique"* », poursuit Susanne Löffler, spécialiste de la stimulation cérébrale. Autrement dit, pour transmettre une information, un neurone émet un neuromédiateur (une molécule chimique). Le neurone voisin capte cette molécule, ce qui déclenche une impulsion électrique le long de sa terminaison nerveuse,l'axone. Il retransmet alors l'information en émettant à son tour un neurotransmetteur. Et ainsi de suite. « *C'est ce procédé que nous avons reproduit !* »

Tout le génie du système tient en une pompe à ions

Comment ? Les chercheurs présentent leur « neurone », posé sur une table de bureau. Rien de bien spectaculaire puisqu'on découvre alors... deux dispositifs reliés par un fil électrique. Et pourtant ! Il s'agit là d'un concentré inédit de technologies. À l'une des extrémités se situe un biocapteur. « *Une pointe métallique, entourée d'enzymes*, détaille Ben Libberton. *Ces enzymes détectent la présence de neuromédiateurs, ce qui entraîne une réaction chimique qui aboutit à un signal électrique. Celui-ci parcourt le fil jusqu'à l'autre extrémité où se trouve une pompe à ions.* » *(Voir le schéma p. 11.)* Et c'est bien cette pompe, tenant entre deux doigts, qui constitue l'originalité du dispositif : « *Tout le génie du système repose là ! La pompe à ions reçoit l'influx électrique et largue des neurotransmetteurs — glutamate, acétylcholine ou Gaba — en réponse.* »
Une opération rendue possible par l'étrange plastique dont elle est constituée. Celui-ci est en effet conducteur, autrement dit, il laisse passer le courant électrique ! Agneta Richter-Dahlfors a eu l'idée de s'en servir lors de sa rencontre, voici plus de dix ans, avec Magnus Berggren. Ce phy-

KAROLINSKI INSTITUTET

« Nous aimerions maintenant miniaturiser cet outil pour pouvoir l'implanter dans le corps humain »

Agneta Richter-Dahlfors, professeure de microbiologie cellulaire, directrice du Swedish Medical Nanoscience Center (Karolinska Institutet)

sicien est le leader du Groupe d'électronique organique à l'université de Linköping (Suède), discipline qui a été honorée du prix Nobel de chimie en 2000 pour la création de polymères (plastiques) conducteurs *(lire l'encadré p. 12)*. Tous deux décident alors d'unir leurs efforts pour créer un implant en plastique, biologiquement compatible, qui puisse transmettre un signal électrique vers un réservoir, ce dernier larguant alors des molécules dans l'organisme de manière contrôlée en fonction de l'influx électrique reçu.

La miniaturisation n'est pas une difficulté en soi

Aujourd'hui, la démonstration de faisabilité (« *proof of concept* ») est faite ! Il reste à miniaturiser le dispositif pour développer des applications viables. « *Ce n'est pas une difficulté en soi* », assure Benjamin Libberton. Ce système apporterait alors un véritable espoir notamment dans le traitement de la maladie de Parkinson, dont la cause est la dégénérescence des neurones dopaminergiques de la substance noire *(lire lexique p. 8)*. Pour l'heure, certains patients résistants au traitement sont soignés par l'implantation dans le cerveau d'électrodes qui, reliées à une batterie, envoient des impulsions électriques pour traiter certaines zones responsables des symptômes (tremblements). Avec le neurone mimétique, il s'agirait plutôt de « remplacer » les neurones manquants en envoyant des neuromédiateurs nécessaires là, où et quand il le faut.

« *Le neurone biomimétique est une invention prometteuse* », reconnaît Abdelhamid Benazzouz, directeur de recherche Inserm à l'Institut des maladies neurodégénératives (CNRS-université de Bordeaux), spécialiste des stimulations cérébrales profondes dans la maladie de Parkinson. Lui-même se prend à rêver du futur dispositif idéal : « *Les neurones biomimétiques pourraient justement être implantés dans la substance noire, où l'on constate une perte de cellules nerveuses capables de synthétiser de la dopamine. Ces neurones, en communiquant entre eux, pourraient libérer de la dopamine dans une autre structure (le striatum) située à quelques centimètres de là.* » Mais, pour le chercheur, l'enjeu reste le contrôle. « *Il est important que la libération de la dopamine se fasse de façon adaptée, comme c'est le cas* in vivo *où elle n'est jamais libérée en permanence ; elle est sous le contrôle de différents neurotransmetteurs, en fonction des tâches exécutées par l'organisme.* » Voilà exactement les réactions et observations d'experts que le groupe suédois espère susciter. « *Nous voulons faire connaître notre système à la communauté scientifique internationale afin que d'autres chercheurs s'en emparent et le façonnent à leur main*, s'exclame Susanne Löffler. *Bref, nous attendons leurs idées !* » ■

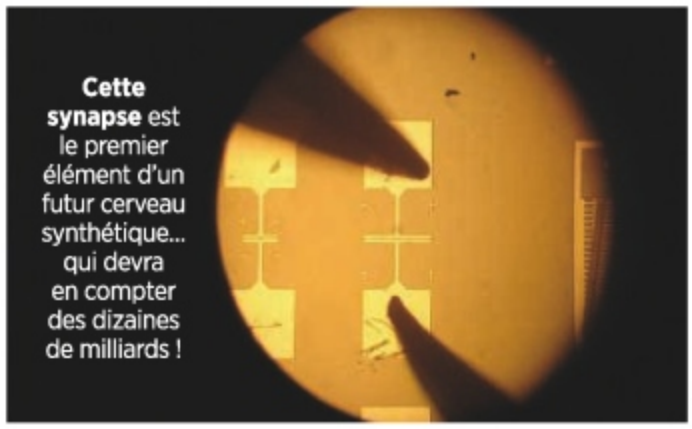
KARIN NORDIN / SWEDISH FOUNDATION FOR STRATEGIC RESEARCH

À l'extrémité du dispositif, la pompe à ions reçoit les impulsions électriques et largue les neurotransmetteurs.

AUTRE EXPLOIT

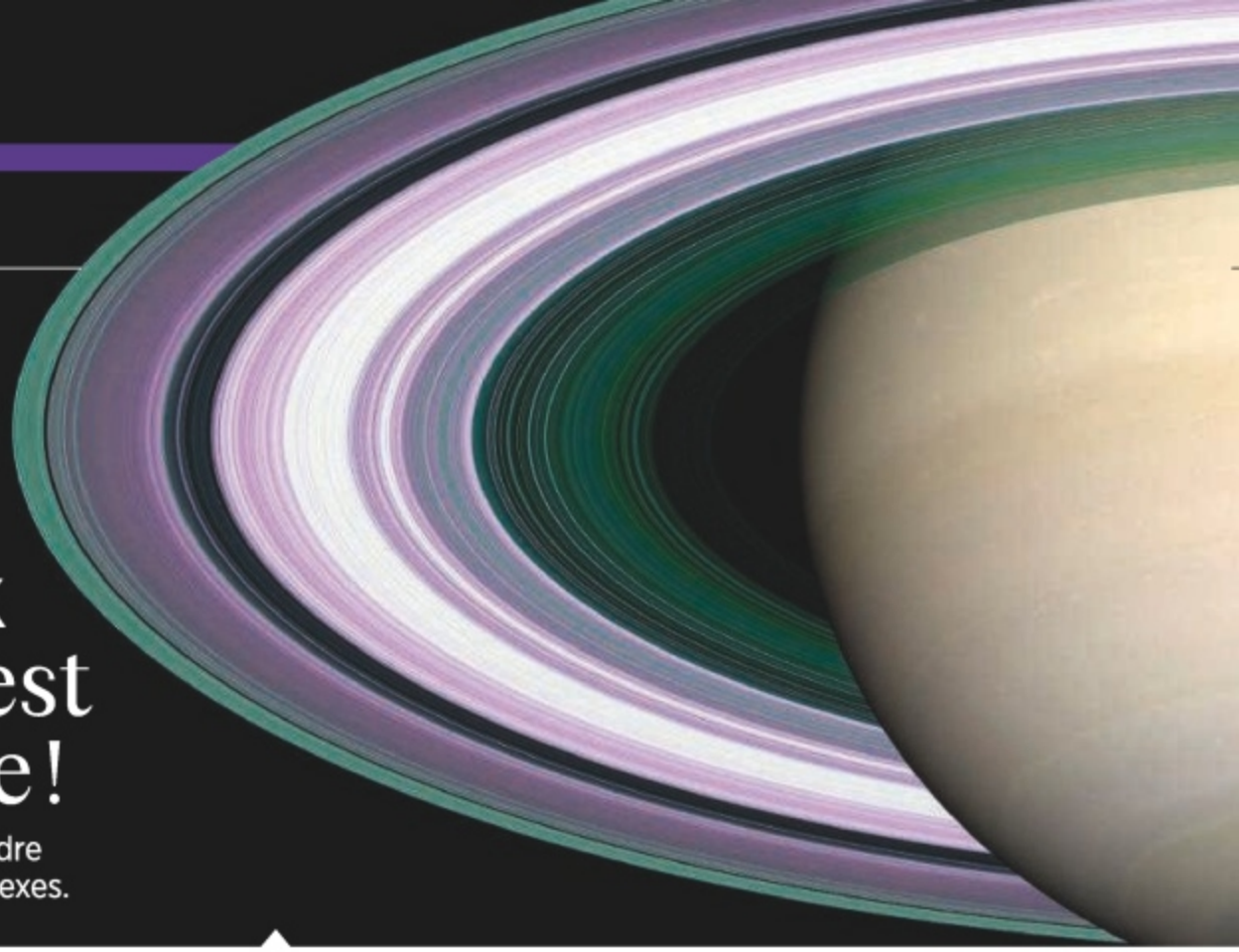
La synapse en nanotubes

Une autre première a été réalisé à l'université de Caroline du Sud (États-Unis) : la mise au point d'une synapse artificielle, c'est-à-dire une connexion entre deux neurones. Si Alice Parker, à l'origine de cette première, salue l'avancée des chercheurs suédois de l'institut Karolinska, elle précise que l'objectif de son laboratoire est différent et se situe à une autre échelle : concevoir un cerveau synthétique. Son projet, baptisé Biomimetic Real Time Cortex, permet de transmettre un signal électrique grâce à un circuit de nanotubes. Pour s'approcher d'un cerveau synthétique, il reste à présent à reproduire l'équivalent d'environ 100 milliards de neurones, connecté chacun en moyenne à 10 000 synapses.



USC

Cette synapse est le premier élément d'un futur cerveau synthétique... qui devra en compter des dizaines de milliards !



Les anneaux de Saturne, c'est mathématique !

Une loi simple permet de comprendre la composition de ces disques complexes.

Continus en apparence, les anneaux de Saturne sont en réalité constitués de poussières et de blocs de glace de dimensions différentes. NASA

ASTRONOMIE Saturne vient enfin de livrer la composition de son disque fin et laiteux : le nombre de débris qui le composent peut être déterminé en fonction de leur taille, selon une loi mathématique très simple, énoncée par une équipe internationale dirigée par Nikolai Brilliantov, du département de mathématiques de l'université de Leicester (Royaume-Uni). Comble de satisfaction, cette loi s'appliquerait aussi aux anneaux des autres planètes — Jupiter, Uranus et Neptune — et à ceux des astéroïdes — Chiron et Chariklo.

Si les anneaux semblent continus, telle une lame brillante d'un seul tenant, ils sont formés en réalité d'une multitude de poussières et de blocs de glace, dont la taille varie de quelques millimètres à quelques centaines de mètres de diamètre. Voulant décrire la répartition de ces débris, les scientifiques ont découvert que le nombre de roches d'une certaine taille est donné par l'inverse de celle-ci au cube : pour une taille R, il y a ainsi $1/R^3$ débris. Concrètement, cela signifie qu'il y a huit fois moins de roches de 2 mètres que de un mètre, et 27 (3 au cube) fois moins de roches de 3 mètres… et ainsi de suite ! Cette loi simple manquait pour définir la quantité de matière présente dans les anneaux et modéliser correctement ces systèmes complexes.

Azar Khalatbari

Stable gravitation

PHYSIQUE La constante de la gravitation varie-t-elle dans le temps ? Non, vient d'assurer une équipe qui a observé pendant 21 ans le pulsar binaire J1713+0747 depuis le radiotélescope d'Arecibo à Porto Rico. Pour preuve, la régularité des signaux envoyés par le pulsar pendant plus de deux décennies. Cette question est d'importance pour les théoriciens (lire Sciences et Avenir n° 816, février 2015) car un infime écart apporterait la preuve que notre compréhension des lois de la physique est incomplète. **A. Kh.**

4000 °C

MATÉRIAUX C'est la température que pourraient supporter les alliages à base d'hafnium, carbone et azote de formule générique $HfN_{0.38}C_{0.51}$, où le nombre d'atomes d'azote peut varier entre zéro et 38 et celui de carbone entre 0 et 51. Les chercheurs de l'université Brown (Rhode Island, États-Unis) à l'origine de ce travail se sont fondés sur des simulations numériques des comportements à l'échelle atomique. A. Kh.

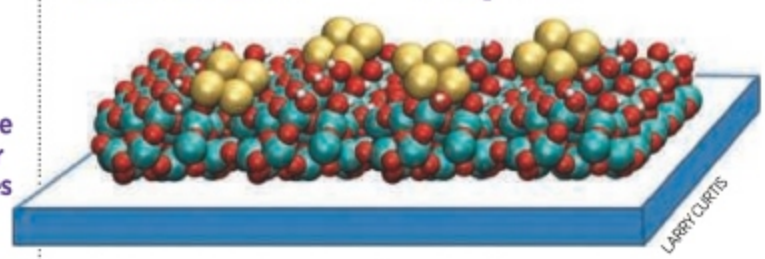
LE MOT DU MOIS

« Circumbinaire »

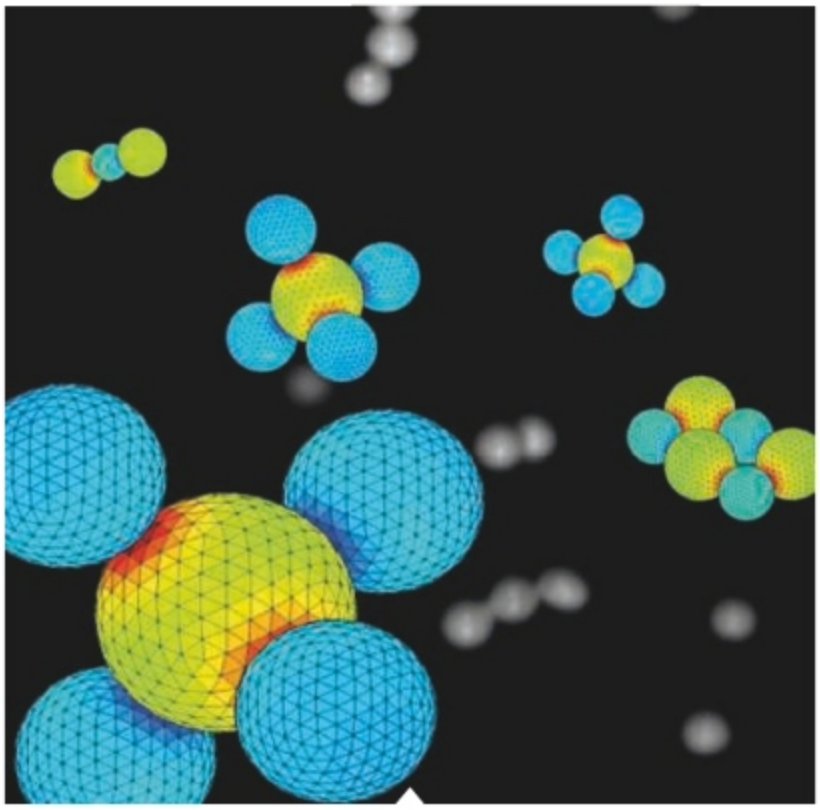
ASTRONOMIE C'est l'adjectif désignant un astre qui se trouve en orbite autour de deux étoiles liées gravitationnellement, autrement dit un système d'étoile double ou étoile binaire. L'exoplanète Kepler 453b, dont la découverte a été annoncée en août, est une des rares dans ce cas. Sur près de 2000 exoplanètes connues, seule une dizaine se trouve dans un système binaire. Toutes les autres sont simplement qualifiées de circumstellaires. **A. Kh.**

La recette du méthanol

CHIMIE Convertir le CO_2 en combustible méthanol. Cette chimie fait rêver car elle permettrait d'abaisser la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et de lutter contre le réchauffement global… tout en bénéficiant d'une source d'énergie supplémentaire. Une équipe du Laboratoire national d'Argonne (Illinois, États-Unis) a trouvé la solution : piéger le CO_2 avec du tétramère de cuivre, des groupements de 4 atomes de cuivre montés sur un film d'oxyde d'aluminium. Ce « catalyseur » (une substance qui accélère une réaction chimique) constitue à ce jour la solution la plus efficace pour piéger le CO_2. **A. Kh.**



La molécule de tétramère de cuivre (en jaune), sur un lit d'oxyde d'aluminium, pourrait aider à la transformation du CO_2.



NATURE PHYSICS

Les forces électrostatiques sont à l'origine de l'agglutination de poussières submillimétriques (ci-dessus, en simulation), première étape de la formation des planètes.

La danse de la poussière

Une expérience visualises les interactions des grains de poussière qui intéressent particulièrement les astrophysiciens.

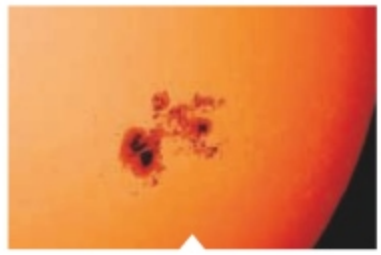
PLANÉTOLOGIE De même qu'un peigne en plastique frotté, et donc chargé d'électricité statique, fait se dresser les cheveux sur la tête ou attire des bouts de papier légers, les grains de matière s'agglutinent sous l'effet de forces électrostatiques et finissent par former une plus grosse poussière. Pour aboutir à cette conclusion, Victor Lee et ses collègues de l'université de Chicago (États-Unis) ont élaboré un dispositif expérimental capable de reproduire exactement la situation de grains de moins de 1 millimètre, en l'absence de gravité. Pour visualiser les interactions de ces particules électriquement chargées, ils ont utilisé une caméra à grande vitesse. Résultat : on voit les grains danser les uns avec les autres, s'attirer, se repousser, entrer de multiples fois en collision avant de s'agglutiner à un groupe, exactement comme prévu avec les forces électrostatiques.

Outre les obsédés du ménage, la question des poussières et de la façon dont elles s'agglutinent intéresse singulièrement les astrophysiciens, car ce phénomène d'« accrétion » intervient dans la toute première étape du processus de formation des planètes à partir d'un nuage de gaz et de poussières. **A. Kh.**

Un gigantesque feu d'artifice cosmique

COSMOLOGIE Il s'agirait de la plus grande structure de l'Univers : un anneau d'un diamètre de 5,6 milliards d'années-lumière, né de neuf « sursauts gamma » — ces événements les plus violents et lumineux dans l'Univers —, où plus de dix milliards de fois l'énergie produite par le Soleil au cours de toute son existence est émise en quelques secondes. Située à 7 milliards d'années-lumière de nous, elle ne cesse d'intriguer les astronomes. En effet, l'existence de structures aussi grandes est théoriquement interdite par le « principe cosmologique » selon lequel l'Univers est homogène et uniforme aux grandes échelles. La course est donc lancée pour expliquer au mieux cet étrange arc lumineux… à moins qu'il ne disparaisse à l'occasion d'observations plus fouillées. **A. Kh.**

SOURCE : MNRAS (MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY).



NASA

L'activité solaire se manifeste par l'apparition de taches (au centre) à la surface de l'étoile.

Climat : le Soleil innocenté

ASTROPHYSIQUE C'est une certitude, le réchauffement global actuel est sans lien avec l'activité solaire. Frédéric Clette, directeur du Centre mondial de données sur l'activité solaire à l'Observatoire royal de Belgique, a établi un nouveau décompte des taches solaires durant 400 ans. On les suspectait d'être en lien avec les variations de température observées à la surface de la Terre depuis le « petit âge glaciaire », qui a sévi entre 1645 et 1715. Faux, elles n'y sont pour rien, aucune corrélation n'a pu être établie. Quant au réchauffement global actuel, il résulte donc bien de la seule activité humaine. **A. Kh.**

SOURCE : 29E ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'UNION ASTRONOMIQUE INTERNATIONALE.

Le fauve vieillit mal

SUCCESSION H. MATISSE/DACS/® BRIDGEMANIMAGES

Le jaune (sulfure de cadmium) de «La Joie de vivre» s'oxyde et vire au beige.

CHIMIE C'est un des drames de l'histoire de l'art : les jaunes flamboyants du peintre Henri Matisse (1869-1954), chef de file du fauvisme, passent très mal l'épreuve du temps et virent au beige. En cause, le sulfure de cadmium, un pigment qui s'oxyde au fil des ans pour devenir incolore, viennent de découvrir des chercheurs américains. Un résultat obtenu grâce au synchrotron de Grenoble et publié dans la revue *Applied Physics*. H. R.

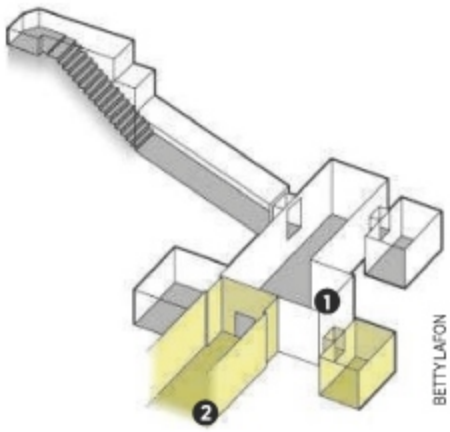
AISA/LEEMAGE

Sur la piste de Néfertiti

Le tombeau de la souveraine d'Égypte pourrait se trouver à proximité de la chambre funéraire du pharaon Toutankhamon dans la Vallée des Rois.

ÉGYPTOLOGIE Néfertiti es-tu là ? L'égyptologue britannique Nicholas Reeves vient d'émettre une extraordinaire hypothèse : et si le tombeau de la célébrissime souveraine d'Égypte se trouvait dans des chambres inexplorées contiguës à celle où se trouvait le sarcophage de Toutankhamon (KV 62), dans la Vallée des Rois, près de Louxor. L'ex-directeur du « Projet des Tombes Royales d'Amarna », un des meilleurs spécialistes de la XVIII[e] dynastie (celle de Toutankhamon) et de la Vallée des Rois, a formulé cette thèse audacieuse après l'étude minutieuse des relevés photographiques effectués pour la réalisation du fac-similé du tombeau de l'enfant-roi (*lire Sciences et Avenir n° 807, mai 2014*).

Deux chambres inconnues



BETTY LAFON

Le tombeau de Toutankhamon cacherait deux salles (en jaune) contiguës à la chambre funéraire du pharaon ❶. L'une d'entre elles ❷ pourrait abriter le sarcophage de Néfertiti, la mère du jeune souverain.

Dans ces images en haute résolution (100 à 700 micromètres) des murs ornés de la chambre funéraire, l'égyptologue aurait décelé des fissures et des tracés linéaires sous la texture des peintures, suggérant la présence de deux ouvertures dissimulées. Pourraient-elles déboucher sur la sépulture de la souveraine Néfertiti (1371-1333 avant J.-C.), l'épouse d'Akhenaton, le père de Toutankhamon ? L'hypothèse a retenu l'attention de l'archéologue américain Kent Weeks, qui travaille dans la Vallée des Rois depuis 1995, et à qui l'on doit la découverte des fils de Ramsès II (1600 à 1100 avant J.-C.). « *La théorie de Nicholas Reeves pourrait être facilement vérifiée avec un simple balayage radar.* » Une demande a été déposée auprès des autorités égyptiennes. La réponse est très attendue. **B. A.**

Quand le serpent était à quatre pattes

DAVE MARTILL, UNIVERSITY OF PORTHMOUTH

Des membres (cercle) parfaitement conservés.

HERPÉTOLOGIE Fouisseur ou nageur ? La découverte d'un fossile du crétacé (-146 à -100 millions d'années) baptisé *Tetrapodophis amplectus* met fin à la polémique sur les ancêtres des serpents. La présence de deux paires de pattes montre que première hypothèse était la bonne. **H. R.**

SOURCE : UNIVERSITÉ DE BATH, ROYAUME-UNI.

Le réchauffement climatique nuisible aux datations

PALÉONTOLOGIE En 2050, un tee-shirt du PSG semblera aussi vieux qu'un pourpoint médiéval ! craint Heather Graven, chercheuse à l'Imperial College de Londres. Dans un article paru dans la revue *PNAS*, la biogéochimiste explique en effet que dans trente-cinq ans, la datation au carbone 14 des vestiges organiques sera totalement faussée. En cause, le dioxyde de carbone émis dans l'atmosphère par la combustion des énergies fossiles. Il sera si abondant qu'il modifiera la quantité relative du carbone 14 conservé par les organismes au moment de leur mort et qui permet leur datation. **B. A.**

EMANUELE LODOLO

Un menhir géant sous les eaux de la Méditerranée !

MÉGALITHISME Plus vieux que ceux de Stonehenge ou de Carnac, un monolithe préhistorique géant a été découvert par 40 m de profondeur, à 60 km des côtes de la Sicile. Ce bloc taillé colossal de 12 mètres de long, est sans doute l'œuvre des populations mésolithiques (entre -10 000 et -5000 ans) qui occupaient l'île aujourd'hui submergée de Pantelleria Vecchia. À l'origine dressé, le mégalithe, qui s'est brisé en deux *(photo)* lors de sa chute, témoigne de la montée des eaux et du recul des côtes que le bassin méditerranéen a connus lors du dernier maximum glaciaire, à la fin du pléistocène, il y a 10 000 ans. **B. A.**

120

mètres à l'est

LOCALISATION C'est le décalage que devrait subir le méridien de Greenwich qui marque le point de départ des fuseaux horaires, pour se situer à la bonne place. Sa situation a été déterminée en 1884 par George Biddell Airy sans tenir compte de l'arrondi de la Terre et sa désignation comme méridien de référence fut totalement arbitraire. Chacun peut d'ailleurs vérifier cette inexactitude en se plaçant sur la bande qui est censée matérialiser le méridien à l'Observatoire royal de Greenwich, en dégainant son GPS : il n'indiquera pas le degré zéro de longitude. **H. R.**

La dent humaine de Tautavel a 550 000 ans

Elle figure parmi les reliefs de repas de chasseurs de bisons et de rennes découverts dans la célèbre grotte préhistorique.

PALÉOANTROPHOLOGIE Une incisive humaine de -550 000 ans a été exhumée sur le site de la Caune de l'Arago à Tautavel, près de Perpignan, parmi les restes de repas de chasseurs de bisons et de rennes. Elle est plus ancienne de 100 000 ans que l'homme de Tautavel, considéré jusqu'alors comme le premier des « Français ». Les deux *Homo* ont-ils un lien ? Appartiennent-ils à l'espèce *H. erectus* ou prénéandertalienne *H. heidelbergensis* ? « *Nous espérons retrouver une mâchoire*, confie la paléoanthropologue Amélie Vialet, du Muséum national d'histoire naturelle, *car c'est la deuxième incisive de cet âge découverte en deux ans. Les dents, déchaussées mais non fracturées pourraient appartenir à un même individu.* » Ce dernier aurait pu être consommé lors d'un cannibalisme rituel, le gibier ne manquant pas en cette période froide. Les incisives seront aussi comparées aux fossiles d'autres colons européens : *Homo antecesor* (Espagne, - 800 000 ans), *Homo heidelbergensis* (Allemagne, - 600 00 ans) mais aussi homme de Boxgrove (Royaume-Uni - 500 000 ans) et de la Sima del Huesos (Espagne, - 430 000 ans). **R. M.**

DAIRAT DENIS - EPCC - CERP TAUTAVEL

L'individu à qui appartenait cette incisive a-t-il été victime d'anthropophagie il y a 550 000 ans ?

SIPA

La blonde doit tout à une levure particulière

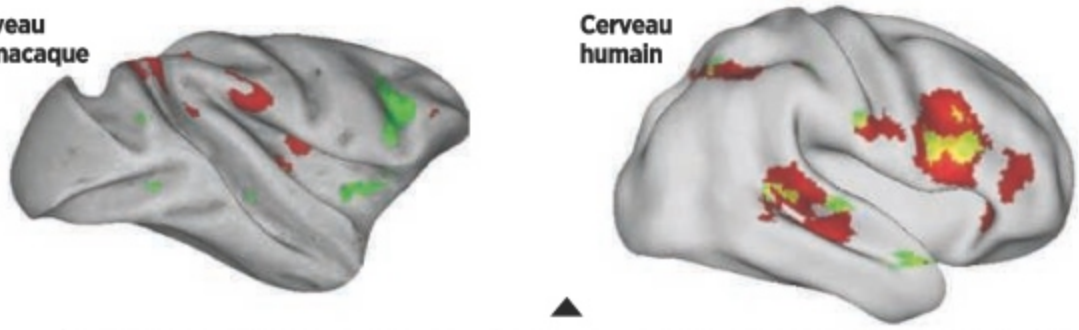
BIOLOGIE Invention assez récente (xv[e] siècle), la bière blonde doit son existence à *Saccharomyces eubayanus*. Une analyse génétique publiée dans *Molecular Biology and Evolution* revient sur la domestication de cette levure. La plus connue de la famille est celle dite du boulanger, *Saccharomyces cerevisiae*, qui permet de faire le pain, le vin, la cervoise. Mais pas la bière blonde légère qui nécessite des températures froides auxquelles elle ne résiste pas. Alors, vive *S. eubayanus*, qui a été introduite au moins deux fois dans l'histoire de la bière blonde. Sa domestication a notamment eu pour effet de réduire l'importance d'une protéine qui consomme l'alcool plutôt que de le produire. **H. R.**

Shakespeare, fumeur de cannabis

ADDICTOLOGIE Le grand dramaturge élisabéthain aurait été un des premiers consommateurs de cannabis, mais aussi de tabac et de coca rapportés des Amériques au xvi[e]-xvii[e] siècle. Si l'on en croit des analyses effectuées sur 24 échantillons vieux de 400 ans, prélevés sur des pipes découvertes dans le jardin de sa demeure à Stratford-Upon-Avon, huit ont révélé la présence de traces de cannabis, un de nicotine, deux de cocaïne, et pour les autres, mélangés à du tabac, des vestiges de camphre et d'extraits de noix de muscade aux effets hallucinogènes. **B. A.**

Un circuit cérébral intégré a favorisé le langage

NEUROLOGIE « AAAA », « AAAAB », vous entendez la différence ? Pour la percevoir, le macaque mobilise deux aires cérébrales distinctes spécialisées dans la longueur *(en rouge, ci-dessous)* et la séquence *(en vert)*. Au contraire, les humains intègrent les deux paramètres dans les zones du langage, comme le montrent des IRM du CEA et de l'Inserm. *« Les singes repèrent des propriétés isolées, comme "quatre sons" ou bien "le dernier est différent"*, expliquent les chercheurs. *Notre espèce intègre ces informations en un tout cohérent, une formule telle que "quatre sons, puis un autre". »* L'origine du langage humain pourrait ainsi être liée à l'émergence de ce circuit intégré. R. M.



LIPING WANG

À la différence du macaque, l'être humain intègre les deux types d'information sonore (en jaune).

Le cyanure d'hydrogène qui peut se dégager reste présent environ deux ans dans l'atmosphère.

SHEN BOHAN/XINHUA/AFP

La pollution au cyanure, défi majeur après l'explosion de Tianjin

Les 700 tonnes de cyanure de sodium entreposés dans la zone industrielle du port chinois peuvent donner un gaz très inflammable et très toxique.

ENVIRONNEMENT Ce ne sont pas moins de 700 tonnes de cyanure de sodium (NaCN) qui, de l'aveu des autorités, étaient entreposées à Tianjin (Chine), où se sont produites deux terribles explosions le 12 août. Ce composé est très utilisé par l'industrie minière, notamment pour extraire de l'or. Problème, il réagit avec l'eau et se décompose en donnant un gaz très inflammable et très toxique : l'acide cyanhydrique, ou cyanure d'hydrogène (HCN). *« Le cyanure peut provoquer une pollution en deux temps. Transformé en gaz, il se répand dans l'atmosphère. Ensuite, il réagit avec l'humidité ambiante et les pluies pour retomber à terre, entraînant une pollution de l'eau et des sols »*, explique Sandrine Andres, écotoxicologue à l'Ineris.

La demi-vie du cyanure d'hydrogène dans l'atmosphère peut être évaluée entre 1,4 et 2,9 années, mais elle serait bien plus courte dans le sol où il est dégradé par des bactéries. *« La bonne nouvelle est que le cyanure n'a pas d'effet chronique sur l'environnement : il ne s'accumule pas dans la chaîne alimentaire »*, conclut Sandrine Andres. Reste que ce n'était pas la seule substance dangereuse entre-posée sur le site. À l'heure où nous écrivons ces lignes, on dénombre 114 morts et plus de 700 blessés. **E. L.**

L'adaptation nocturne du kiwi

SIPA

Kiwi d'Owen, une des 5 espèces de kiwis.

ORNITHOLOGIE Le kiwi, cousin de l'autruche, ne voit ni le bleu ni le vert et son odorat est très développé. La preuve par le séquençage de son génome, que publie la revue *Genome Biology*. Ces caractères, outre une rétine très sensible, une faible température du corps et l'absence totale d'ailes, confirment l'adaptation à la vie nocturne de ce petit oiseau, qui a commencé il y a 40 millions d'années. C'est l'époque où il a atterri sur l'archipel néo-zélandais déjà peuplé de moas, autres parents de l'autruche, aujourd'hui éteints. **P. K.**

Il y a un loup en Afrique !

NATUREPL/EB PHOTO

Un « Canis anthus » de Tanzanie.

ZOOLOGIE On le pensait chacal, il était loup. Selon une étude américaine publiée dans la revue *Current Content*, le chacal doré d'Afrique, présent du Kenya à l'Afrique du Nord en passant par l'Égypte, est génétiquement plus proche du loup gris que du chacal doré d'Eurasie. Son pelage uniforme beige et sa taille plus petite avaient semé la confusion. Il a donc été rebaptisé *Canis anthus* pour le distinguer du chacal doré, *Canis aureus*. **P. K.**

Le mystère des « cheveux de glace » a été démêlé

MYCOLOGIE Observés principalement sur du bois mort de hêtre ou de chêne et sous des latitudes comprises entre 45 et 55 degrés nord, les cheveux de glace demeuraient un phénomène mystérieux, aussi rare que fugace, un souffle de vent suffisant à détruire ces fragiles structures. Une équipe de chercheurs relate dans la revue *Biogeosciences* avoir mené une série d'expériences pour comprendre la genèse de ces filaments gelés. S'appuyant sur une observation d'Alfred Wegener qui nota en 1918 que le mycélium sur du bois en décomposition pourrait jouer un rôle, l'équipe est partie… à la chasse aux champignons. Bonne intuition : onze espèces ont été identifiées sur des échantillons de bois présentant ces filaments, et notamment *Exidiopsis effusa*. H. R.

GISELA PREUß

Ces étranges filaments gelés poussent sur le bois de certains arbres (ici dans une forêt allemande).

2 cm/an

La poussée de la plaque indienne sous le Tibet

TECTONIQUE Cette vitesse fait craindre le pire à des géologues français qui publient dans la revue *Nature Geoscience* une étude de la région par satellite radar. Un prochain séisme au Népal pourrait être de magnitude supérieure à celui qui a frappé la région de Katmandou le 25 avril 2015. La première avait atteint 7,8, ils estiment la seconde à 8,5. L. C.

AFP

QUESTIONS À

Nicolas Daragon

maire (LR) de Valence (Drôme)

« La pollution de l'A7 à Valence tue 55 personnes par an »

Pourquoi réclamer une vitesse inférieure sur l'autoroute A7 qui traverse votre ville ?
Pour diminuer la pollution. Pour les 127 000 habitants de l'agglomération de Valence, c'est la solution la plus efficace. La ville est traversée par l'A7, l'axe le plus fréquenté d'Europe avec une moyenne de 70 000 véhicules par jour. Le trafic routier est responsable de 84 % des émissions d'oxyde d'azote, 32 % des particules fines et 52 % du dioxyde d'azote. Entre 2009 et 2012, la moyenne annuelle sur ma ville en particules fines inférieures à 2,5 micromètres (PM 2,5) a été de 19,3 microgrammes par mètre cube (µg/m3), soit près du double de la valeur guide de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) qui est de 10 µg/m³. Pour l'ozone, la ville a dépassé la valeur de 100 µg/m³ pendant 271 jours, soit un jour sur quatre de dépassement des maxima journaliers définis par l'OMS.

Qu'apporterait une amélioration de la qualité de l'air ?
Un respect des normes OMS pourrait permettre d'éviter 55 décès dans notre ville par an et d'épargner 91 millions d'euros de frais hospitaliers et de coûts induits par ces décès. Ce chiffre est loin de refléter la réalité puisqu'il ne tient pas compte des dépenses en médecine de ville et en automédication. Et les habitants y gagneraient 8 mois supplémentaires d'espérance de vie.

Est-il difficile pour un élu local de s'attaquer aux transports routiers ?
Mon rôle, c'est d'agir pour la santé et le bien-être de mes administrés. Valence n'est pas la seule ville concernée et j'ai écrit à 12 maires qui sont dans la même situation. La qualité de l'air doit devenir une réelle priorité.

Propos recueillis par L. C.

La culture aéroponique, ça pousse !

AGRONOMIE La plus grande ferme verticale au monde, 6500 m², ouvre ses portes cet automne à Newark (New Jersey, États-Unis). Salades et choux non OGM, garantis bio et sans pesticide y pousseront selon la méthode de l'aéroponie, qui consiste à vaporiser eau et nutriments sur les racines des plantes hors sol pour les nourrir, et à les éclairer dans une longueur d'onde qui optimise leur croissance. La société AeroFarms annonce des rendements maximaux tout au long de l'année, avec une arrivée à maturité des légumes en 12 à 16 jours, et 22 à 30 récoltes par an. Mais aussi une chute drastique de la consommation d'eau (95 % en moins) de même qu'un recyclage intégral des nutriments non utilisés. L. C.

B. ANSELM/THE NYT/REDUX-REA

Les laitues poussent dans des plateaux à la verticale.

PAROLES

« Aucun défi ne pose aux générations futures une plus grande menace que celle du changement climatique »

Barack Obama. Le 3 août, le président des États-Unis a renforcé les objectifs de réduction de gaz à effet de serre du pays qu'il dirige encore pour 15 mois. La production d'électricité, principalement à base de charbon et de gaz de schiste, devra baisser ses émissions de 28 % d'ici à 2030 selon le « Plan américain pour une énergie propre ».

Nous vivons de plus en plus à crédit !

BETTY LAFON

ENVIRONNEMENT Chaque année, l'écart entre ce que l'être humain consomme et ce que la Terre peut produire s'accroît. De 8 jours en 1970, il est passé à 141 jours en 2015. Alors que nous commencions naguère à vivre à crédit le 23 décembre, nous sommes remontés au 13 août ! Ce que l'on nomme l'« overshoot day » arrive de plus en plus tôt, s'il faut en croire les calculs inquiétants de l'ONG Global Footprint Network, basée à Genève. **H. R.**

Cigeo encore retoqué

NUCLÉAIRE L'article du projet de loi Macron sur l'enfouissement des déchets nucléaires de haute radioactivité (Cigeo) (*lire* S. et A. *n° 822*) n'a pas passé la censure du Conseil constitutionnel. Les sages ont jugé que ce sujet n'avait pas sa place au sein d'une loi portant sur *« la croissance, l'activité et l'égalité des chances économiques »*. Un débat parlementaire et le vote d'une loi spécifique sur les conditions d'enfouissement de ces déchets devront avoir lieu dans les prochains mois. **L. C.**

Demain, des moustiques moins résistants

L'analyse du génome d'« Aedes aegypti », vecteur de maladies tropicales, permet de comprendre comment le moustique résiste aux insecticides.

GÉNÉTIQUE Pour mieux comprendre comment le moustique *Aedes aegypti*, vecteur de la dengue, du chikungunya et du virus Zika, résiste aux insecticides, une équipe de chercheurs (CNRS, IRD, Institut Pasteur de la Guyane, entre autres) a décidé d'examiner ses gènes en détail. Mais plutôt que de séquencer le génome dans son entier, plus de 760 gènes potentiellement impliqués dans cette résistance aux insecticides ont été ciblés par bio-informatique.
Publié dans la revue *Genome Research*, ce travail démontre que l'augmentation de l'activité des enzymes de détoxification des moustiques résistants tient pour beaucoup à une multiplication des copies des gènes codants pour ces enzymes.
Il reste maintenant à mettre au point des tests moléculaires pour adapter les traitements aux différents phénomènes de résistance observés sur le terrain. Ces travaux ont eu pour autre bénéfice de mettre sur pied un consortium qui regroupe plus de 40 pays et 10 institutions, ayant pour but la première cartographie mondiale des mécanismes de la résistance des moustiques aux insecticides. **S. R.-M.**

ERIKA SANTELICES/AFP

760 gènes de « Aedes aegypti » (ici des larves) ont été étudiés.

12%

La hausse des ventes de tabac à rouler

SANTÉ PUBLIQUE Cette augmentation des ventes a été constatée au mois de mars par rapport aux ventes de l'année dernière en France. Les ventes de cigarettes accusant, elles, une embellie de 7 %. Un revirement inquiétant alors que la consommation de tabac était en baisse constante depuis 2009. **H. R.**

SOURCE: OBSERVATOIRE FRANÇAIS DES DROGUES ET TOXICOMANIE.

Le prion bloqué chez des souris

INFECTIOLOGIE Pour la première fois, il a été possible de ralentir, chez des souris, le phénomène d'agrégation observé sur le prion, cette protéine qui peut devenir toxique pour le cerveau en changeant de forme. Cette accumulation de prions est notamment la cause des maladies de la vache folle ou de Creutzfeldt-Jakob. L'équipe d'Adriano Aguzzi, de l'université de Zurich (Suisse), a mis en évidence que des produits chimiques, les polythiophènes, pouvaient avoir une action bénéfique. Injecté à des animaux malades, l'un de ces composés a en effet accru leur durée de vie de 14 %, grâce à une diminution des agrégats de prions. P. K.

GARO/PHANIE

Coupe de cerveau humain atteint d'une maladie à prions.

LE MOT DU MOIS

Addyi

SEXUALITÉ Ce terme deviendra-t-il aussi célèbre que le Viagra? La firme Sprout Pharmaceutical a reçu le feu vert de la part de l'agence américaine du médicament (FDA) pour commercialiser son « viagra féminin ».
Destiné aux patientes ayant une libido défaillante, Addyi agit sur la sérotonine et sera disponible sur ordonnance. Son efficacité est faible: 10 % des 2400 participantes aux essais ont mentionné une amélioration de leurs relations sexuelles. **H. R.**

Shrek nuit à la santé des enfants

PÉDIATRIE Et si la corpulence des héros de dessins animés influençait le régime alimentaire de vos enfants ! En clair, s'ils adorent Shrek ou Homer Simpson, n'auront-ils pas plus (voire trop) d'appétit ? À cette question, une étude menée par des chercheurs de l'université du Colorado (États-Unis) vient de répondre par l'affirmative : *« Nos résultats sur des enfants de 6 à 14 ans indiquent que des personnages de dessins animés obèses peuvent effectivement activer un stéréotype de surpoids et mener à manger beaucoup plus »*. **H. R.**

DREAMWORKS SGK

Les héros obèses peuvent inciter à manger plus. ▶

GEORGIA TECH

La vision se focalise sur le centre de l'image et délaisse la périphérie.

Comment « La Mort aux trousses » saisit le cerveau

La projection de films à suspense active la « vision en tunnel ».

NEUROLOGIE Nom de code : scissure calcarine. Si les films à suspense sont efficaces, c'est qu'ils provoquent une réelle modification de cette structure cérébrale, affirment Matt Bezdek et ses collègues de l'université de Géorgie (États-Unis). Ils ont plongé des volontaires dans une machine IRM tout en leur faisant défiler des scènes de films dont *La Mort aux trousses*, d'Alfred Hitchcock. Chacune d'entre elles était parasitée par un motif en échiquier placé sur les côtés de l'image *(voir photo)*.
Résultat : lorsque le suspense monte, l'activité de la scissure calcarine augmente dans sa partie postérieure dévolue à la vision centrale, alors qu'elle diminue dans sa partie antérieure consacrée à la vision périphérique. Traduction : durant les scènes de suspense, le cerveau se focalise sur ce qui se déroule au centre et fait abstraction de la périphérie. C'est la « vision en tunnel » durant laquelle la vision périphérique s'éteint, comme peuvent l'expérimenter les personnes sous alcool ou stupéfiants et celles souffrant de migraine ou de glaucome. **H. R.**

Sept gènes façonnent nos oreilles

GETTY IMAGES

ANATOMIE Vous avez de grandes oreilles décollées ? Ou de jolis petits lobes bien près du crâne ? Sept gènes en sont responsables, qui commandent la taille du lobe et de son attache, la forme du contour du pavillon ainsi que de son double interne, l'antihélix, rapporte dans la revue *Nature Communications* une équipe internationale qui a étudié ces variations anatomiques chez plus de 5000 personnes. À preuve, la mutation du gène liée au décollement a induit chez la souris des oreilles de Mickey ! Grâce à ces données, on va mieux comprendre pourquoi la forme des oreilles a évolué de façon très diversifiée chez les mammifères. P. K.

Photo : © Fotolia

ERGYMAG

Réduisez votre fatigue physique et nerveuse

Pots de 50, 100 ou 300 gélules.

Réduction de la fatigue[1]
Résistance au stress[2]

B6 B5 Mg B1

- **Du magnésium marin + 3 autres sels de magnésium** *pour un apport de magnésium optimal, bien assimilé et toléré.*

+

- **Des vitamines B,** *cofacteurs essentiels au métabolisme du magnésium, surconsommés lors de tout état de stress.*

[1] *Le magnésium et les vitamines B2, B3, B5 et B6 contribuent à réduire la fatigue.*

[2] *La vitamine B5 soutient les capacités mentales dont la résistance au stress. Le magnésium participe au fonctionnement des systèmes nerveux et musculaire.*

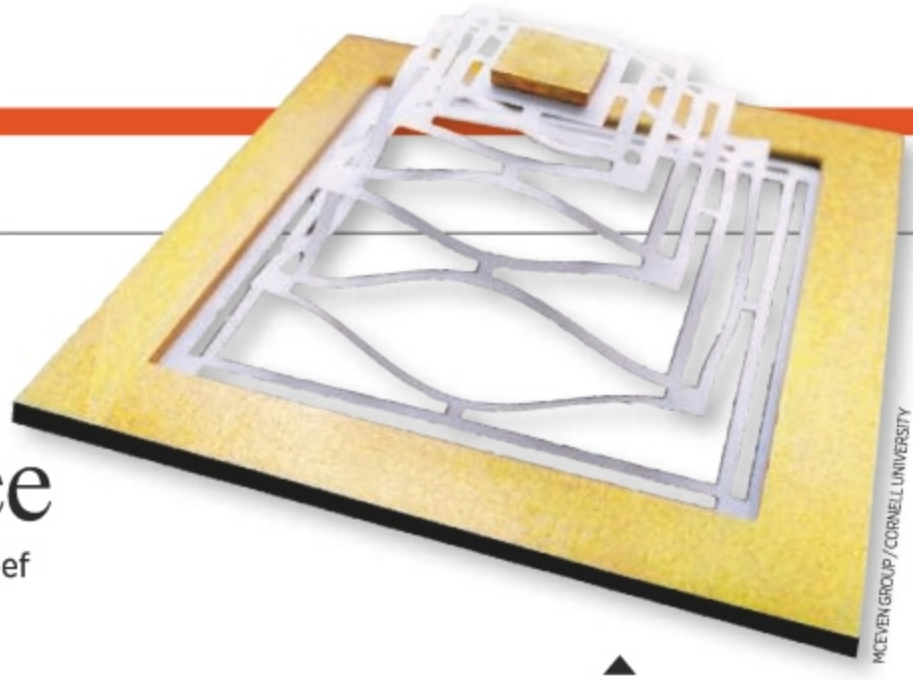
LABORATOIRE NUTERGIA
25 ans
La Nutrition Cellulaire Active®

www.nutergia.fr

Pour tout renseignement contactez notre service conseil au 05 65 64 97 90

Le kirigami au secours de la puce

Ou comment cet art japonais de la mise en relief d'une feuille peut s'appliquer au graphène...


MCEVEN GROUP/CORNELL UNIVERSITY

Cette pyramide à l'échelle micrométrique allie la flexibilité du kirigami aux propriétés du graphène (cristaux de carbone) dont elle est constituée.

MATÉRIAUX Lorsque l'électronique s'inspire d'un art ancestral, le champ d'application qui s'ouvre va des détecteurs biocompatibles aux micromachines flexibles ! En l'occurrence, c'est le kirigami — art japonais consistant à pratiquer des incisions sur une feuille de papier pour obtenir une structure en trois dimensions — que les chercheurs en nanosciences de l'université Cornell dans l'État de New York ont utilisé pour transformer du... graphène. En lieu et place du délicat papier de riz nippon, du pur carbone organisé en très minces feuillets d'une seule couche atomique. De très haute conductivité électrique, assez flexible, le graphène a l'avantage d'être compatible avec les tissus vivants, les molécules biologiques étant toutes à base de carbone. Un vrai atout par rapport au silicium — la base du système électronique d'aujourd'hui — qui n'est ni flexible ni biocompatible. Mais tout le génie du kirigami s'est révélé quand il s'est agi d'augmenter la flexibilité du matériau : en l'incisant au laser sur des longueurs de dix micromètres (un centième de millimètre), les spécialistes ont fabriqué une pyramide flexible qui conserve les propriétés du graphène. Prochaine étape : appliquer le kirigami à l'échelle nanométrique, soit en mille fois plus petit ! **A. Kh.**

MISSISSIPPI STATE UNIVERSITY

Un chien robot pour soulager les troubles mentaux

ZOOTHÉRAPIE Ce beagle en peluche n'est pas un jouet. C'est un Therabot : un robot destiné aux personnes souffrant de stress post-traumatique, de panique ou dépression aiguë. Développé par le Laboratoire de systèmes sociaux, thérapeutiques et robotiques de l'université d'État du Mississippi, (États-Unis), il vient enrichir la faune de la zoothérapie. Depuis quelques années, des chiens sont utilisés dans certains traitements des troubles psychiatriques. Mais auprès de patients allergiques ou rétifs, on pourrait substituer un Therabot. Le robot qui réagit comme l'animal pourrait entraîner tous les jours son « maître » lors d'exercices préprogrammés par le thérapeute. Les essais débutent cette année. **S. R.**

Un nouveau testeur de nitrates

POLLUTION Pour mesurer les nitrates dans l'eau, les dispositifs actuels sont chers, encombrants et reposent sur l'utilisation de métaux toxiques comme le cadmium. Dans son laboratoire de l'Université technologique du Michigan (États-Unis), Joshua Pearce a conçu et construit grâce à une imprimante 3D, un appareil très différent de ceux existant sur le marché. Moins polluant car s'appuyant sur une enzyme commune — la nitrate réductase, moins chère à produire (environ 60 €) —, le testeur peut de surcroît être adapté à différents types de mesures : phosphate, microbes, etc. **H. R.**

Ce insecte mécanique marche sur l'eau

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

La machine (à gauche) s'inspire du gerris, une punaise d'eau (à droite).

LOCOMOTION Improprement qualifié d'araignée d'eau, le gerris, une punaise qui se déplace à la surface de l'élément liquide, a inspiré l'équipe de roboticiens de Je-sung Koh, de l'Université nationale de Séoul (Corée du Sud). Après avoir visualisé par caméra haute vitesse comment l'insecte déplaçait ses grandes pattes sans briser la tension de surface de l'eau, les chercheurs ont appliqué les résultats à un modèle ultraléger. Résultat : un mini-robot de 2 cm avec des pattes de 5 cm, recouvert d'un matériau hydrophobe. À l'instar du gerris, il peut se propulser hors de l'eau, jusqu'à 14 cm de hauteur. **H. R.**

Gare au piratage d'empreinte de pouce !

IDENTIFICATION Mot de passe éventé ? Facile d'en changer. Empreinte de pouce volée ? Pas si simple... De plus en plus employés dans les smartphones, les procédés d'identification fondés sur l'empreinte digitale sont loin d'être la panacée. En effet, il est relativement aisé pour un pirate de collecter les empreintes numérisées afin de les réutiliser frauduleusement. La solution ? ajouter une clef de chiffrement à l'intérieur des données. **H. R.**

BSIP

SOURCE : CONFÉRENCE SUR LA SÉCURITÉ INFORMATIQUE, LAS VEGAS, ÉTATS-UNIS, AOÛT 2015.

BETC Automobiles PEUGEOT 552 144 503 RCS Paris.

BLUE HDi

Découvrez les nouveaux moteurs 2,0L BlueHDi 150 BVM6 et 2,0L BlueHDi 180 EAT6 qui éliminent jusqu'à 90% des oxydes d'azote grâce au système SCR (Selective Catalytic Reduction) et répondent déjà à la future norme EURO 6. Couplés au Stop & Start, ils permettent de réduire votre consommation de carburant (par rapport aux motorisations EURO 5) et de gagner en agrément de conduite. La Peugeot 508 est également disponible en versions HYbrid4 et RXH. *Selon version.

PEUGEOT 508

MOTION & EMOTION

PEUGEOT

Un écran qui s'enroule comme un journal

TECHNOLOGIE Cet écran de moins d'un millimètre d'épaisseur s'enroule sur un rayon de 3 centimètres. Présenté par LG lors d'un salon en Corée, il utilise la technologie des diodes électroluminescentes OLED. Elles ont été déposées sur un support souple en plastique et non en verre, comme les écrans OLED classiques. Fixé au mur, l'écran peut être déplacé à volonté. **A. B.**

SIPA

L'écran peut être fixé sur des surfaces courbes.

La Cité des sciences a eu chaud

INSTITUTION La Cité des sciences, à Paris, a été touchée par un incendie le 20 août. Il a ravagé 10 000 m² d'un bâtiment en travaux, futur centre commercial, sans endommager la partie en activité.

L.LECOUSTER/LECARTON/PICTURETANK-A.YANGBOXIE/PNAS

Chacun des 36 tunnels du dispositif traite les sons différemment.

Comment distinguer une voix dans le brouhaha

Un disque en relief permet un traitement numérique sélectif des sons au sein d'une ambiance bruyante.

ACOUSTIQUE L'homme garde une longueur d'avance sur la machine dans le traitement sélectif des voix au sein d'une foule. C'est ce que l'on nomme l'« effet cocktail party », à savoir l'aptitude à nous focaliser sur le discours que nous tient un interlocuteur dans une ambiance bruyante, par exemple lors d'un cocktail. Jusque-là, l'intelligence artificielle reste incapable de discriminer des voix dans une assemblée. Cela pourrait changer avec le dispositif mis au point par Steven Cummer, de l'université Duke (Durham, Royaume-Uni). Ce disque de plastique muni d'un micro en son centre est découpé en 36 parties creuses comme autant de tunnels dans lesquels les sons ambiants peuvent s'engouffrer. L'astuce ? Chaque tunnel présente une architecture unique en nid d'abeilles qui modifie le son d'une façon qui lui est propre. Résultat : un parcours du son très différent d'une tranche à une autre, ce qui permettra de remonter plus facilement sa trace et d'établir sa provenance. **H. R.**

Ce vélo est impossible à voler

TRANSPORTS Le rêve de tout cycliste, un vélo « involable », vient d'être réalisé par trois étudiants chiliens. Baptisé Yerka, il possède un cadre en forme de barre oblique divisée en deux segments articulés qui peuvent se rabattre sur le côté et être accrochés à la tige de selle, le tout formant ainsi un antivol intégré. Pas moyen de couper cette sorte de U sans dégrader le vélo lui-même. Reste à régler le maillon faible du verrou, une serrure facilement crochetable. Lancé en 2014, grâce à une campagne de financement participatif, le projet a déjà permis de fabriquer les 300 premiers exemplaires précommandés moyennant 500 dollars pièce. La commercialisation à grande échelle devrait commencer dans les prochains mois. **S. R.**

SIPA

ÉNIGME DU MOIS

«NDXOXCHW DRGHDXORVI»

LINGUISTIQUE Voulez-vous aider à déchiffrer le titre ci-dessus, une inscription dans une langue non identifiée, peut-être le latin, gravée sur la lame d'une épée médiévale d'environ 1 mètre de long ? De facture probablement allemande, celle-ci a été découverte en 1825 dans la rivière Witham dans le Lincolnshire. La British Library sollicite l'aide des twitteurs pour cette tâche. Les suggestions peuvent être postées sur le compte twitter : @BLMedieval. **S. R.**

Que la lumière soit atténuée

CARNEGIE MELLON UNIVERSITY

Un laser permet de mieux restituer la 3 D.

TECHNOLOGIE
En plein soleil, les reliefs s'écrasent et les contours s'effacent : un handicap pour les capteurs 3D incapables de discerner les différents objets d'une scène. Comment les restituer ? Grâce à un balayage laser, doublé d'un algorithme de reconstitution, comme viennent de le mettre au point des chercheurs américains et canadiens (université Carnegie Mellon et université de Toronto). Seuls sont enregistrés les points de la scène éclairés par le faisceau, ce qui permet de faire abstraction du « bruit » lumineux ambiant et de restituer ainsi la profondeur. **H. R.**

LES PETITS MOMENTS
PELFORTH

BRASSÉE DANS LE NORD DEPUIS 1921

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. À CONSOMMER AVEC MODÉRATION.

Défier la mort

Les barons de la high-tech financent à coup de millions de dollars une recherche privée pour allonger la durée de vie et décupler les capacités de l'homme. La bataille de la longévité est bien lancée.

Dossier réalisé par
Hervé Ratel et Elena Sender
avec « The Washington Post »

SEBASTIEN THIBAULT

OBJECTIF : TUER LA MORT. Ou du moins lui asséner quelques uppercuts qui la repoussent, le plus longtemps possible, dans les cordes. Tel est l'objectif que se sont fixé... des milliardaires ! La majorité sont américains, établis dans cette Silicon Valley si féconde en ruptures technologiques. L'un a fait fortune en inventant un système de paiement sur Internet (Paypal), les autres un réseau social (Facebook) ou un moteur de recherche (Google). Mais en ce début de XXIe siècle, voyant leurs tempes grisonner et leurs rides se creuser, ces « self-made-men », pour la plupart quadragénaires, ont décidé d'ouvrir en urgence un nouveau front : lutter contre le (leur ?) vieillissement en injectant dans la recherche des millions de dollars de leur fortune personnelle. Problème : ces flux d'argent sont si soudains, massifs et à rebours de ce que l'on connaît dans la recherche « classique » qu'ils sont en passe de soulever un tsunami aux conséquences dévastatrices ! D'autant qu'ils irriguent des secteurs qui ne se seraient peut-être jamais trouvés sous le feu des projecteurs et exercent une telle attirance sur certains scientifiques — et pas des moindres ! — qu'ils risquent à terme de priver la recherche publique de ses meilleurs éléments, au profit d'intérêts privés.

Pour comprendre ce changement de paradigme, nous avons choisi de publier de larges extraits d'une enquête parue au printemps dans l'un des plus influents quotidiens américains, le *Washington Post* (version longue sur le site sciencesetavenir.fr). Elle met en lumière l'irruption sur la place publique outre-Atlantique de ce débat aux enjeux politiques, économiques et sociaux considérables qui ne manquera pas d'impacter l'Europe. En complément, nous apportons, sur 12 pages, toutes les clés pour en comprendre les grands enjeux scientifiques. Qu'il s'agisse de la recherche sur les gènes, les molécules anti-âge ou les prothèses... Pour que chacun puisse faire la part entre le rêve, la réalité... et le cauchemar. ■

Carole Chatelain

REUTERS

FORTUNE PERSONNELLE **2,2 milliards de dollars**

Peter Thiel 47 ans

Cofondateur de PAYPAL

Finance de nombreuses fondations anti-âge dont Methuselah (3,5 millions de dollars), l'université de la Singularité et la SENS Foundation.

FORTUNE PERSONNELLE **34,2 milliards de dollars**

Larry Page 42 ans

Cofondateur de GOOGLE

A créé le centre de recherche Calico (California Life Company) pour lutter contre le vieillissement, doté de 750 millions de dollars.

FORTUNE PERSONNELLE **41,7 milliards de dollars**

Mark Zuckerberg 31 ans

Cofondateur de FACEBOOK

A lancé le Breakthrough Prize in Life Sciences qui récompense des recherches ayant permis d'accroître la durée de vie.

Les géants de la technologie en quête d'immortalité

Ces milliardaires américains financent les recherches médicales les plus pointues sur la longévité. Mieux : ils parient sur les outils de la high-tech pour tenter d'augmenter les ressources du corps humain.

Par Ariana Eujung Cha (avec Magda Jean-Louis et Eddy Palanzo), traduction Odile Demange

ASSIS AU BOUT D'UNE TABLE avec vue sur la ligne de gratte-ciel, Peter Thiel est en pleine conversation avec un groupe éclectique de scientifiques engagés dans des recherches jugées radicales, voire hérétiques. Cela se passe en 2004 et l'homme d'affaires américain a récemment gagné le pactole en vendant le système de paiement en ligne PayPal — dont il est le cofondateur — à eBay. Après avoir dépensé une fraction de cette fortune pour se faire plaisir, le trentenaire est alors en quête d'idées pour employer intelligemment son argent. Parmi ses invités, figurent Cynthia Kenyon, spécialiste américaine de biologie moléculaire, connue pour avoir réussi à doubler la durée de vie d'un ver par la manipulation d'un unique gène ; Aubrey de Grey, ancien informaticien britannique devenu théoricien et qui prédit que les progrès de la médecine vont stopper le vieillissement ; et Larry Page, cofondateur de Google, qui nourrit de grands projets pour améliorer la santé grâce aux téraoctets de données collectés par son moteur de recherche. Au cours de la conversation, une question revient régulièrement : la mort est-elle inévitable ou n'est-elle qu'un problème à résoudre ? La science et la technologie pourraient-elles nous aider à vivre plus longtemps, jusqu'à 150 ans par exemple ? Quelques mois plus tard, Peter Thiel signe ses premiers chèques à Cynthia Kenyon

PHOTOS: AFP

FORTUNE PERSONNELLE
49,8 milliards de dollars

Larry Ellison 70 ans
Cofondateur d'ORACLE
A créé la Lawrence Ellison Medical Foundation contre le vieillissement.

et Aubrey de Grey pour accélérer leurs recherches. Depuis, il a distribué des millions à d'autres chercheurs. *« Ce sont ceux qui envisagent avec optimisme ce qu'on peut faire qui façonneront l'avenir »*, affirme aujourd'hui l'entrepreneur de 47 ans qui pèse, selon les estimations, 2,2 milliards de dollars.

Et il n'est pas le seul à le penser. Les « technophiles » de la Silicon Valley qui ont fondé les géants informatiques Google, Facebook, eBay, Napster et Netscape dépensent ainsi désormais leurs milliards pour transformer la recherche biomédicale. Pour ce faire, ils utilisent tous les outils de la technologie (puces, logiciels, algorithmes, mégadonnées) dont ils se sont servis pour révolutionner l'informatique dans le but désormais d'améliorer ce qu'ils considèrent comme la machine la plus complexe qui soit : le corps humain. Et ils sont mus par une conviction : reconstruire, régénérer et reprogrammer les organes, les membres, les cellules et manipuler l'ADN permettra aux humains de vivre plus longtemps et dans de meilleures conditions.

Les travaux qu'ils financent vont de la découverte des mécanismes d'organismes vivants dotés d'une durée de vie hors normes à la fabrication de nanorobots capables de réparer le corps de l'intérieur, en passant par l'invention de méthodes susceptibles de reprogrammer l'ADN dès la naissance ou l'exploration de systèmes permettant de numériser le cerveau. *« Il me semble que notre société devrait chercher à échapper ou à transcender l'évolution ! »*, affirme ainsi Larry Ellison, le fondateur d'Oracle (numéro deux mondial du logiciel d'entreprise), qui a annoncé souhaiter vivre éternellement et a accordé un don de plus de 430 millions de dollars à la recherche contre le vieillissement. *« La mort n'a jamais eu de sens pour moi »*, n'a-t-il pas hésité à déclarer.

Une manipulation de la nature à l'aveuglette

Mais leur confiance aveugle dans ces innovations pourrait bien conduire ces technologues à sous-estimer les dangers des travaux qu'ils financent, avertissent aujourd'hui certains philosophes de la science, rejoints par des historiens et des économistes. Leurs recherches sur les cellules-souches, les neurosciences, les OGM et les virus, par exemple, manipulent en effet allègrement la nature et pourraient facilement mal tourner. Même en cas de succès, le ralentissement ou l'arrêt du vieillissement pourrait entraîner des bouleversements sociaux d'une ampleur inédite, accroissant la pression sur les ressources naturelles et sur l'économie.

Ainsi, vivant plus longtemps, les gens travailleraient plus longtemps, ce qui mettrait inévitablement en péril des programmes ▶

COURANT DE PENSÉE

Une vision transhumaniste

« *Can Google solve death ?* » (« Google peut-il supprimer la mort ? ») titrait le magazine américain *Time* il y a deux ans. C'était à l'occasion du lancement de Calico, le laboratoire, installé dans la région de San Francisco, spécialisé dans la longévité au sein du mystérieux programme « Google X » consacré aux innovations de rupture. On pourrait étendre la question aux autres géants de la high-tech désormais tous impliqués, de près ou de loin, dans la recherche sur la prolongation de la vie (*lire l'article principal*). Qu'il s'agisse des Américains Sergey Brin et Larry Page, fondateurs de Google, Peter Thiel, fondateur de PayPal, ou du milliardaire russe Dmitry Itskov, ces patrons adoptent une philosophie de vie qui se confond de plus en plus avec celle du transhumanisme (*lire* S. et A. *n° 712, juin 2006*). Ce mouvement ultralibéral, né dans les années 1980, prône le recours aux technologies pour transformer l'humain. Si les milliardaires mécènes ne sont pas tous transhumanistes assumés, ils financent des scientifiques qui le sont tel Ray Kurzweil, fondateur de l'université de la Singularité, soutenue par Google, qui va ouvrir une antenne à Paris (*lire p. 85*) ou Aubrey de Grey. Ce dernier considère que l'homme qui vivra 1000 ans est déjà né. *« Cela tient du fantasme »*, réplique le neurologue Yves Agid qui, avec d'autres chercheurs, a décidé de contre-attaquer sur le terrain de la science en organisant le colloque S3 Odéon, le 12 septembre à Paris*. *« Se posent des questions aussi fondamentales que l'évolution inexorable des pathologies ou les conséquences sociétales de l'augmentation de la longévité »*, précise Jean-François Bach, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. Plusieurs dizaines d'intervenants exploreront les possibilités qu'apporte la science aux problèmes du vieillissement sans pour autant promettre la vie éternelle. **E. S.**

T. PILSTON / PANOS - REA

Aubrey de Grey

* www.s3odeon.fr (lire aussi p. 95).

sociaux déjà proches du point de rupture, comme le système des retraites. De plus, à quoi pourra ressembler l'existence le jour où une demi-douzaine de générations, voire plus, vivront simultanément ? *« J'ai peur que tout cela ne soit qu'un fantasme qui ne correspond pas au monde dans lequel nous vivons*, avertit Laurie Zoloth, bioéthicienne à la Northwestern University, à Evanston (Illinois). *J'ai aussi envie d'appartenir à une société qui s'occupe des pauvres et des mourants. »*

Recherches futuristes contre dons humanitaires

L'influence grandissante de ces géants coïncide avec une période d'inégalité croissante et sans précédent dans le monde. Un rapport de l'ONG Oxfam publié en janvier au Forum économique mondial de Davos (Suisse) prévoit ainsi que 1 % de la population mondiale contrôlera plus de 50 % de la richesse de la planète en 2016. Bill Gates, cofondateur de Microsoft, et sa femme Melissa, le couple le plus riche du monde avec une fortune estimée à 79,2 milliards de dollars, jugent que seuls les dons caritatifs joueront un rôle clé pour essayer de combler cet écart. Ils ont ainsi convaincu près de 130 milliardaires de signer une « promesse de don » les engageant à donner au moins la moitié de leur fortune.
Dix-neuf investisseurs ont signé, pour quelque 245 milliards de dollars. Un grand nombre des jeunes philanthropes de la Silicon Valley affirment s'inspirer de cette approche. Mais alors que la fondation Gates finance des initiatives au profit de la santé infantile et maternelle, surtout dans les pays en développement, beaucoup de membres de la nouvelle génération s'intéressent à l'autre extrémité du cycle de la vie humaine, dans les pays développés. Ce qui a poussé Bill Gates à exprimer quelques inquiétudes : *« Que les riches financent des recherches pour pouvoir vivre plus*

SPL/COSMOS - BETTY LAFON

DURÉE DE VIE

La route est longue vers les 150 ans

Si l'espérance de vie a progressé spectaculairement au cours des dernières décennies, il est beaucoup plus complexe d'agir sur la longévité.

Qu'il serait commode de fantasmer sur une pilule magique capable de nous faire rajeunir en une bouchée (*lire p. 32*) ! Malheureusement, il y a fort à parier que les stratégies de demain pour accroître notre durée de vie s'apparenteront davantage à celles en vigueur dans un garage automobile. Pièce après pièce, notre corps sera entretenu, les parties les plus usées et les plus sensibles étant changées en priorité. Car si le vieillissement est un processus général qui affecte l'intégralité de l'organisme, il le fait à des degrés variables en fonction du potentiel génétique de l'individu et surtout des atteintes environnementales. Ainsi, nous ne vieillissons pas tous de la même façon, ni aux mêmes endroits, ni à la même cadence. Surtout, il ne faut pas confondre espérance de vie et longévité ! La première ne cesse de croître depuis un siècle dans les pays industrialisés. Elle a ainsi augmenté de trois mois par an, grâce notamment à l'amélioration de l'hygiène et à l'invention des vaccins et des antibiotiques. Résultat : le Français de 2015 (*lire p. 33*) vit trois décennies de plus que son compatriote d'avant-guerre ! La longévité, en revanche, ne fluctue pas. Elle reste un facteur sur lequel il est peu probable que l'être humain ait un jour la main. C'est en effet une donnée infiniment complexe et mosaïque, constitutive d'une espèce donnée, soit de l'ordre de 120 ans pour l'être humain. Tenter de « jouer avec » pour atteindre 150 ans ? Voilà qui ne serait pas sans conséquences ! Ainsi, des travaux sur l'animal et certaines études épidémiologiques ont montré que, pour vivre plus vieux que la moyenne de son espèce, un individu doit être petit, manger très peu et repousser au maximum l'âge de la reproduction. Une vie longue, donc, mais pas forcément très réjouissante... Aussi, pour vivre longtemps, les scientifiques tablent plutôt sur des modifications « à façon » destinées à permettre à un organisme de durer le plus longtemps possible.

H. R.

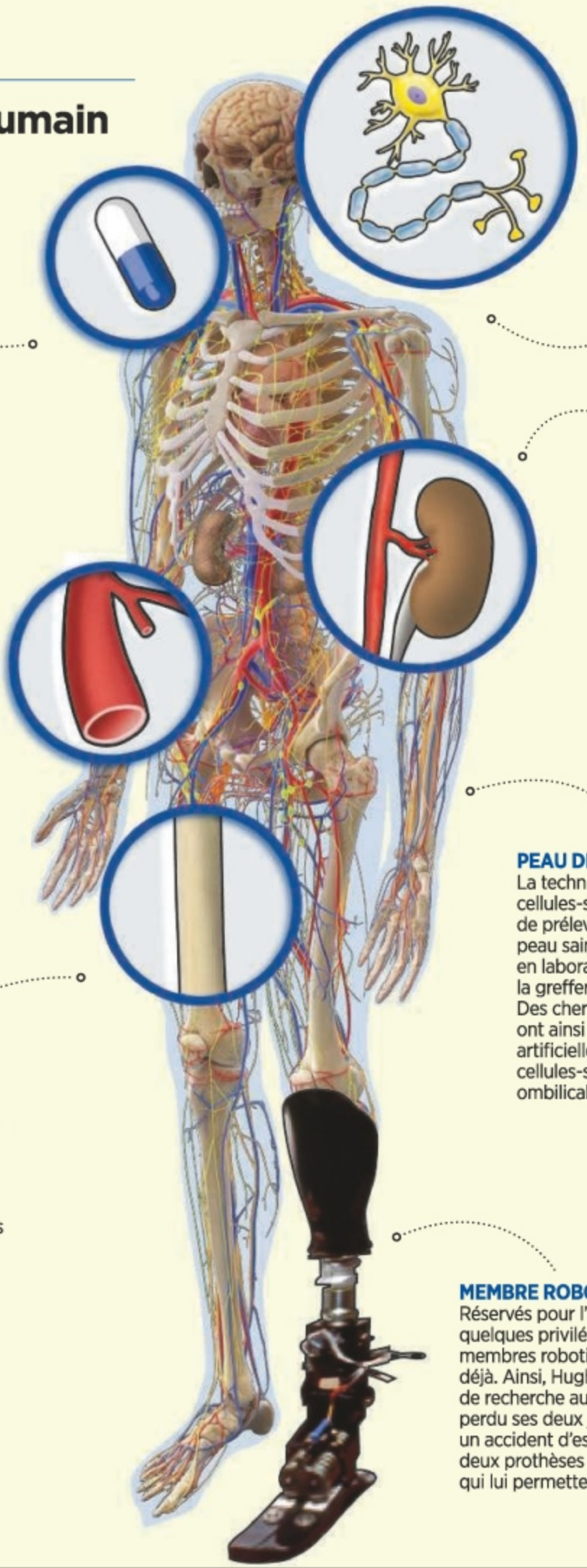
GÉNÉTIQUE

Les espoirs inouïs de Crispr

Jusqu'à l'invention de cette technique génétique voilà une dizaine d'années, modifier un organisme était un travail de bénédictin difficilement applicable à l'être humain. Tout a changé avec ce système (de son nom complet Crispr-Cas), employé par les bactéries et qui sert à ces dernières de système immunitaire primitif pour se débarrasser des pathogènes. Appliquer ces outils bactériens à l'être humain permettra un jour de modifier un ou plusieurs gènes défectueux chez un patient. Malheureusement, le risque de dérive éthique est aussi grand que les espoirs thérapeutiques que la technique suscite. En avril 2015, un laboratoire chinois a déjà tenté de modifier des embryons humains porteurs de la bêta-thalassémie, une maladie génétique rare. L'expérience n'a pas été très concluante, la faute à une technique Crispr encore balbutiante. Mais la technique progresse à pas de géant.

MECCANO

Réparer l'être humain



CIBLER LES CELLULES ÂGÉES
Certaines pistes de recherche ciblent les cellules vieillissantes, qui cessent de se diviser, pour leur redonner une nouvelle jeunesse. D'autres tablent plutôt sur un rallongement des télomères, les extrémités des chromosomes qui raccourcissent avec le temps. En théorie, ça marche. En pratique...

TRANSPLANTATION DE CELLULES NEURALES
Remplacer les cellules du cerveau par des neurones artificiels (*lire aussi l'événement p. 10*)? Voilà qui permettrait de lutter contre les maladies neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson, etc.). Les recherches en sont à un stade très préliminaire.

ORGANES IMPRIMÉS EN 3D
La réalisation de tissus biologiques par des imprimantes 3D, notamment un lobe d'oreille à l'université de Princetown (États-Unis), laisse espérer qu'il sera possible un jour d'imprimer un organe humain pour le greffer (foie, rein, cœur). Le « bioprint » a de l'avenir.

TRANSFUSION TOTALE
Changer le sang de souris vieillissantes par celui de plus jeunes semble redonner un « coup de fouet » à l'organisme, selon une étude de l'université de Californie (États-Unis). Mais on ne sait pas encore si ce résultat est applicable à l'être humain.

PEAU DE CULTURE
La technique de culture de cellules-souches permettra de prélever une zone de peau saine, la faire croître en laboratoire pour ensuite la greffer aux endroits lésés. Des chercheurs espagnols ont ainsi obtenu de la peau artificielle à partir de cellules-souches du cordon ombilical.

DES OS À LA DEMANDE
Le col du fémur est l'un des os qui se brise le plus facilement chez une personne âgée en cas de chute. Des cellules-souches du patient pourraient être utilisées pour faire une réplique de l'os endommagé. Des essais sont en cours notamment à l'Inserm, en France.

MEMBRE ROBOTIQUE
Réservés pour l'instant à quelques privilégiés, les membres robotiques existent déjà. Ainsi, Hugh Herr, directeur de recherche au MIT qui a perdu ses deux jambes dans un accident d'escalade, a conçu deux prothèses synthétiques qui lui permettent de marcher.

INSERM

RÉACTION

Jean-Marie Robine, démographe, chercheur à l'Inserm et professeur à l'École pratique des hautes études (Paris)

« La longévité résulte de l'interaction entre les gènes, l'environnement… et la chance ! La chance de ne pas avoir un accident ou ne pas succomber à un virus par exemple. Mais depuis la fin du XIXe siècle, l'amélioration de notre environnement a permis de doubler l'espérance de vie. On peut encore faire mieux en se protégeant individuellement des UV et de la pollution notamment. Nul ne peut dire, dès lors, quel sera notre optimum. »

longtemps alors que nous ne sommes pas encore débarrassés du paludisme et de la tuberculose, je trouve ça franchement égocentrique », a-t-il ainsi écrit dans une séance de questions-réponses sur la plateforme en ligne Reddit.

Un grand nombre de projets récents reposent sur la conviction que l'analyse de mégadonnées est capable de prédire l'apparition de maladies et de faire émerger des modèles hors de portée du cerveau humain. Un exemple fréquemment cité est celui de la carte de suivi de la grippe réalisée par Google et obtenue grâce aux regroupements de requêtes Internet comme les mots « Tamiflu » ou « symptômes grippaux ».

Cette approche bouleverse les méthodes scientifiques traditionnelles car la majorité des recherches en biomédecine se fait habituellement de façon très progressive. Les scientifiques partent d'une hypothèse, mènent des expériences permettant de la vérifier puis consacrent des années à analyser les résultats obtenus. Leurs conclusions ne sont généralement pas publiées avant d'avoir été confirmées par d'autres scientifiques dans le cadre du processus rigoureux d'évaluation par des pairs. Rien de tout cela avec les nouvelles recherches en médecine et en santé publique !

Celles-ci exploitent et cartographient les immenses séries d'empreintes numériques stockées dès que quelqu'un fait une recherche sur Internet, passe une carte dans un lecteur, envoie des SMS, interagit sur les réseaux sociaux, fait des courses ou va consulter le médecin. De superordinateurs font ensuite défiler des milliers de milliards d'hypothèses pour y repérer des corrélations pouvant suggérer des solutions à certains des problèmes médicaux les plus épineux du moment.

1%

des habitants

de la planète contrôleront plus de 50 % de la richesse mondiale en 2016.
(SOURCE : OXFAM, « WEALTH : HAVING IT ALL AND WANTING MORE ».)

Les plus de 60 ans

représenteront 21,2 % de la population mondiale en 2050.
(SOURCE : « IMPLICATIONS OF POPULATION AGING FOR ECONOMIC GROWTH » DE DAVID E. BLOOM, DAVID CANNING ET GÜNTHER FINK, UNITED NATIONS WORLD POPULATION AGEING 2013.)

Le rôle de milliers de gènes mieux compris

Cette approche a déjà permis de mieux comprendre le rôle de plusieurs milliers de gènes du corps humain… bien que les scientifiques ne sachent pas très bien, pour l'instant, comment exploiter concrètement la plupart de ces informations. « *Quand ces données seront accessibles et pourront être exploitées de façon positive et instantanée, cela aura un impact gigantesque sur le système existant* », affirme ainsi Laura Arrillaga-Andreessen, chargée d'un cours de don stratégique à l'université Stanford (Californie) et épouse du pionnier d'Internet Marc Andreessen. Même confiance du côté de Larry Page, 41 ans, directeur général de Google, qui a pris le plus gros pari à ce jour sur la longévité en fondant Calico (California Life Company), un centre de recherche de lutte contre le vieillissement, dans lequel son entreprise a investi 750 millions de dollars.

L'intérêt pour la médecine de beaucoup de ces jeunes entrepreneurs apparaît cependant… purement personnel. Sean Parker, 34 ans, cofondateur de Napster (logiciel de partage de musique entre utilisateurs), souffre en effet d'allergies et certains membres de sa famille sont atteints de graves pathologies auto-immunes. Il a ainsi donné plusieurs millions dans l'espoir de découvrir des

ESSAIS CLINIQUES

Des médicaments miracles ?

Pour la première fois, un médicament devrait faire l'objet d'un essai clinique avec comme objectif de « *prolonger la durée de vie* ». La molécule en question, la metformine, n'est autre que le médicament le plus prescrit aux patients atteints de diabète de type 2. En 2008, une étude russe a révélé en effet qu'elle augmentait la longévité de souris traitées. Peut-être en agissant comme la restriction calorique, en contrôlant la glycémie. Chez l'homme, une étude statistique publiée en 2014 par l'université de Cardiff (Royaume-Uni), sur 180 000 personnes, montrait, elle, que les sujets diabétiques traités avec la metformine ont une espérance de vie supérieure de 15 % par rapport aux non-diabétiques ! Voilà pourquoi le chercheur Nir Barzilai, de l'Albert Einstein College of Medicine (New York), a lancé le projet TAME (Targeting Aging with Metformin) qui vise à suivre 3000 personnes non diabétiques, de plus de 70 ans, traitées (ou non) à la metformine pendant cinq ans. Une autre molécule anti-âge, la rapamycine, est également testée. C'est un immunosuppresseur couramment prescrit en cas de greffes. Testée chez la souris, dont elle prolonge la vie, elle est actuellement à l'essai sur des chiens, selon une étude menée par l'université de Washington, à Seattle. L'espoir : gagner ainsi entre deux à cinq ans de vie. **E. S.**

DÉMOGRAPHIE

Le boom de l'espérance de vie

L'importance du niveau social en France

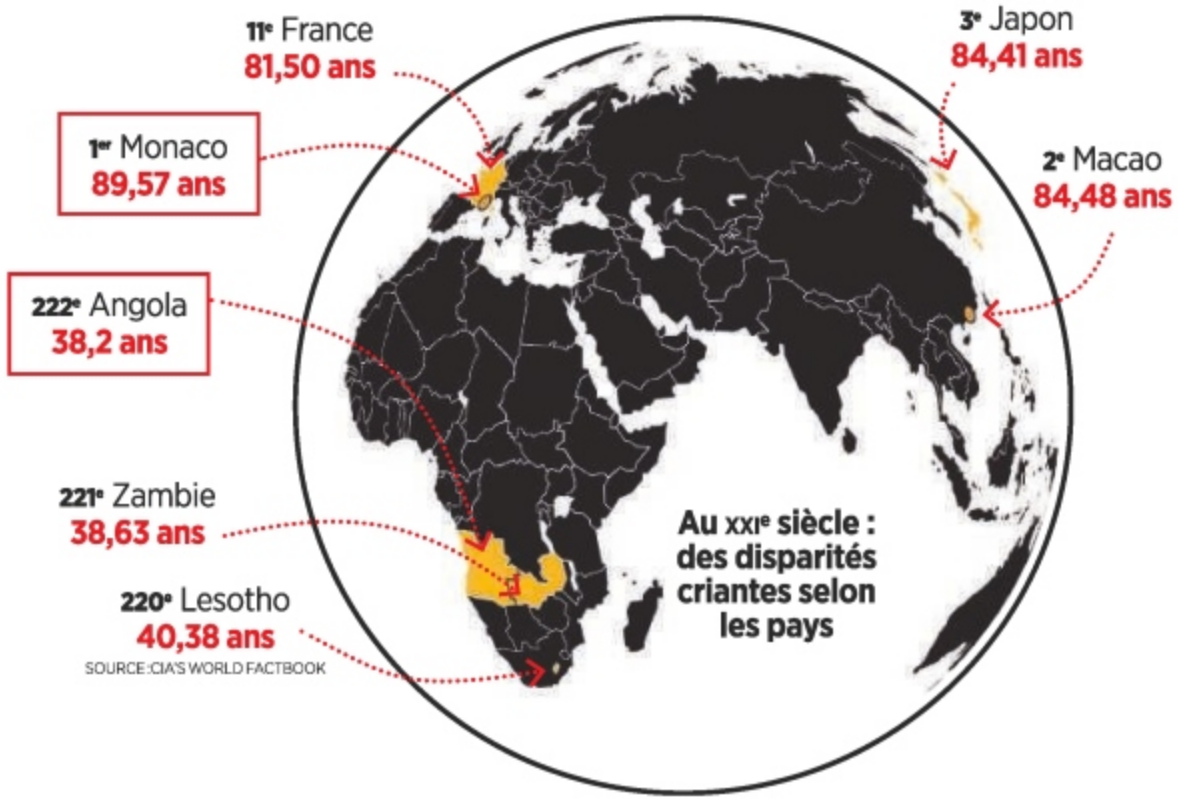
+ 6 ans

Un cadre a une espérance de vie supérieure de 6 ans à celle d'un ouvrier

SOURCE : INSEE

Cinq innovations médicales qui ont tout changé

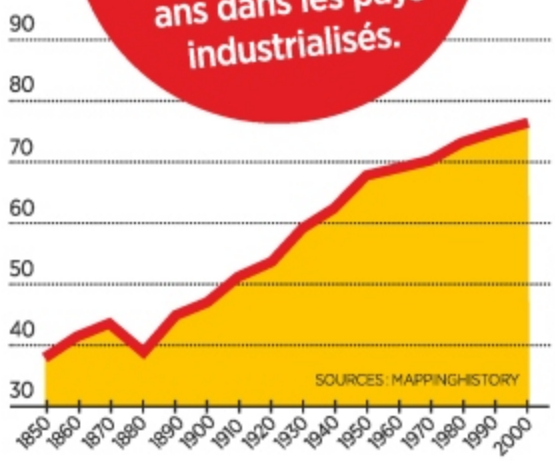
Vaccinations (BCG : 1921) - **Antibiotiques** (pénicilline : 1943) - **Amélioration de l'hygiène et stabilité sociale** - **Meilleurs diagnostics** (échographie : 1958, scanner : 1972, IRM : 1973)



SOURCE : CIA'S WORLD FACTBOOK

+30 ans

En un siècle, l'espérance de vie a été augmentée de trente ans dans les pays industrialisés.



MEHDI BENYEZZAR

Toujours plus de centenaires

Tous les 13 ans, la population mondiale de centenaires double.

455 000
en 2009

4,1 millions
en 2050

SOURCE : ONU

traitements. Sergey Brin, 41 ans, cofondateur de Google, présente une mutation du gène LRRK2 associée à un risque accru de maladie de Parkinson. Il a fait don de 150 millions de dollars au profit des recherches dans ce domaine. Son ex-femme, Anne Wojcicki, a, quant à elle, fondé sa propre start-up de génétique personnalisée, 23andMe.

Car les épouses de plusieurs de ces milliardaires ont un bagage scientifique et ce sont elles qui dirigent leurs œuvres philanthropiques ! Priscilla Chan, pédiatre attachée à l'université de Californie, a fait ainsi équipe avec son mari Mark Zuckerberg, cofondateur de Facebook, pour créer les Breakthrough Prizes récompensant des scientifiques pour leurs découvertes prolongeant la vie humaine. Ces prix d'un montant de 3 millions de dollars ont de quoi faire pâlir les autres récompenses du même genre, parmi lesquelles les prix Nobel qui plafonnent autour de 925 000 dollars. Quant à Pam Omidyar, biologiste, elle a cofondé l'Omidyar Network avec son mari Pierre Omidyar, fondateur d'eBay. Tous deux ont fait don de plusieurs millions de dollars à la recherche.

AFP

« Que les riches financent des recherches pour pouvoir vivre plus longtemps alors que nous ne sommes pas encore débarrassés du paludisme et de la tuberculose, je trouve ça franchement égocentrique » **Bill Gates**, fondateur de Microsoft

AFP

« La mort me met très en colère. La mort prématurée me met encore plus en colère »

Larry Ellison, cofondateur d'Oracle

Aux États-Unis, ces initiatives manquent cruellement de procédures de contrôle. Par le passé, les recherches étaient financées aux deux tiers par le gouvernement fédéral, tenu d'agir pour le bien public. Aujourd'hui, les deux tiers sont sponsorisés par l'industrie privée, une part croissante l'étant par des milliardaires qui n'ont de comptes à rendre à personne et sont exaspérés par la lenteur des innovations. Or, pour Laurie Zoloth, la science a de bonnes raisons d'avancer lentement : *« Accélérer les progrès scientifiques ne les rendra pas forcément meilleurs, sauf pour un philanthrope vieillissant qui veut une réponse de son vivant ! »*

La crainte que ces progrès soient réservés aux riches

En outre, les deux tiers des personnes interrogées dans le cadre d'une enquête menée aux États-Unis en 2013 craignent que seuls les riches aient accès aux nouveaux traitements destinés à rallonger la vie et que les *« spécialistes les proposent avant d'en avoir parfaitement compris les effets sur la santé »*. Francis Fukuyama, chercheur en sciences politiques, professeur à Stanford et ancien membre du Conseil présidentiel de bioéthique, redoute d'ailleurs

GÉNÉTIQUE

À la recherche des gènes de longue vie

Si l'analyse du génome de 17 « supercentenaires » n'a livré aucun secret, la manipulation de celui d'un simple ver a fourni les avancées les plus probantes...

L'Américaine Susannah Mushatt Jones, 116 ans, est actuellement la doyenne de l'humanité. Elle est la chef de file du « club » des « supercentenaires » qui comptait 77 femmes et 2 hommes ayant dépassé 110 ans en 2014, selon le Gerontology Research Group (Californie, États-Unis). Le record de longévité reste détenu par la Française Jeanne Calment, décédée en 1997 à 122 ans et 164 jours. Ces superseniors cacheraient-ils dans leurs gènes le secret de longue vie ? La tentation est grande d'aller y voir de plus près... En 2014, une étude publiée dans la revue *Plos One* menée par l'université de Stanford (Californie) a ainsi livré les résultats de l'analyse du génome de dix-sept d'entre eux. Et... déception ! Le séquençage n'a révélé aucune variation spécifique liée à leur extrême longévité. En revanche, l'étude réservait une surprise. L'un des supercentenaires était porteur d'un gène de prédisposition à une maladie cardiaque qui avait de fortes chances d'entraîner sa mort prématurée. Ce qui ne fut donc pas le cas. *« Cette recherche des gènes de la longévité n'a pas vraiment de sens*, explique Jean-Marie Robine, démographe chercheur à l'Inserm et professeur à l'École pratique des hautes études (Paris). *Jeanne Calment, comme les autres supercentenaires, avait probablement une combinaison exceptionnelle de gènes. Mais la puissance des analyses actuelles n'est pas suffisante pour la découvrir. Quand bien même nous la trouverions, qu'en faire ? Les individus de plus de 110 ans sont trop peu nombreux pour tirer une vérité statistique. »*

Plus de 70 gènes en jeu

Las ! « le » gène de longue vie n'existe donc pas. *« Aucun gène n'a pour unique rôle de réguler la longévité*, confirme Hugo Aguilaniu, directeur de recherche du CNRS à l'École normale supérieure de Lyon. *En revanche, il existe des gènes dont la manipulation permet l'augmentation de la durée de vie. »* La quête de cette fontaine de jouvence a franchi une étape déci-

MARQUEURS BIOLOGIQUES

Faible inflammation, vieillesse réussie ?

Et si le secret des centenaires se cachait... dans une absence d'inflammation chronique ! Des chercheurs de l'université de Newcastle (Royaume-Uni) et de l'université Keio de Tokyo (Japon) ont passé au crible les données biologiques de 1554 personnes incluant des centenaires et supercentenaires. Ils ont établi que ceux qui maintiennent un niveau de marqueurs d'inflammation chronique (signalant une réaction des défenses immunitaires) particulièrement bas ont une meilleure cognition et une plus grande autonomie que les autres. Mieux : leur descendance présente aussi ces taux de marqueurs bas. Pour les auteurs, les traitements anti-inflammatoires auraient donc un potentiel majeur pour promouvoir une longévité en bonne santé. E. S.

STRINGER SHANGHAI/REUTERS

Cao Daqiao et sa sœur Cao Xiaoqiao, nées en 1905, sont les plus vieilles jumelles vivant actuellement en Chine.

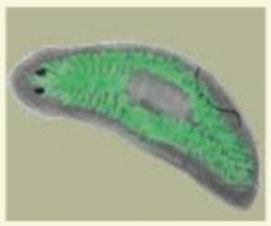
sive en 1993 lorsque la chercheuse américaine Cynthia Kenyon, biologiste de l'université de Californie, découvre chez le petit ver *Caenorhabditis elegans* un gène dénommé daf-2, codant pour le récepteur à l'insuline (hormone qui régule le taux de glucose dans le sang). Une fois ce gène désactivé, l'espérance de vie de l'animal est multipliée par deux ! Vingt ans plus tard, la même Cynthia Kenyon est nommée vice-présidente de Calico, le laboratoire de Google pour la recherche anti-âge *(lire p. 37)*. À Charge pour elle de découvrir une « pilule » qui mimerait l'effet de cette mutation — en modulant la voie de l'insuline — chez l'humain. *« L'effet de la mutation de daf-2 a été confirmé chez la mouche drosophile et la souris, et elle est suspectée chez l'homme »*, confirme Hugo Aguilaniu. Entre autres études, celle de Matthias Bluher, de la Harvard Medical School (*Science*, 2003), montre en effet que la souris génétiquement modifiée — qui fabrique moins de récepteurs à l'insuline — est plus maigre que la normale et vit (seulement) trois mois de plus. *« Cette modification n'est, en outre, pas sans conséquence*, poursuit le chercheur. *Elle entraîne une baisse de la fertilité et de la croissance. Ainsi, une souris génétiquement modifiée de manière similaire au stade embryonnaire devient une adulte naine et stérile. »*

Depuis les années 1990, au moins 70 autres gènes ont démontré un effet positif sur la longévité lorsqu'ils étaient manipulés. Peu ou prou, tous « économisent » l'organisme. La plupart (daf-2, Klotho, Foxo...) sont impliqués dans la voie de l'insuline. Une fois modifiés, ils empêchent une bonne assimilation des glucides, ce qui équivaut à une restriction calorique provoquée faisant fonctionner l'organisme en sous-régime. Autre gène intéressant, TOR (*target of rapamycin*), qui, lui, code pour une enzyme, la TOR kinase, jouant un rôle dans de multiples processus cellulaires (prolifération cellulaire, résistance au stress, etc.). Lorsqu'on baisse l'activité de la TOR kinase par une manipulation du gène, on allonge la vie de *C. elegans*, des drosophiles et des souris, de 30 à 50 % selon les études. Une hypothèse : la mutation augmenterait le mécanisme de « nettoyage » des déchets cellulaires (autophagie).

Dès lors, pourquoi ne pas cumuler tous ces effets ? C'est ce qu'a tenté une équipe du Buck Institute for Research on Aging (Californie), en 2013. En conjuguant les mutations sur daf-2 et TOR, elle a multiplié la longévité du ver... par cinq ! Autre voie : la suppression de la lignée des cellules germinales (de reproduction) : un ver sans lignée germinale vit plus vieux. L'équipe d'Hugo Aguilaniu a montré en 2011 que si, de plus, on surexprime un gène, le nhr-80, chez ces vers stériles, ils vivent encore plus longtemps... La quête de l'élixir de longue vie ne fait que commencer ! **E. S.**

BIOLOGIE

La durée de vie prolongée en labo



NÉMATODE

+ 150 %

Soumis à toutes les mutations possibles et imaginables depuis des années, le ver nématode *Caenorhabditis elegans* est la star des laboratoires et notamment de celui de la biologiste Cynthia Kenyon.

SOURIS

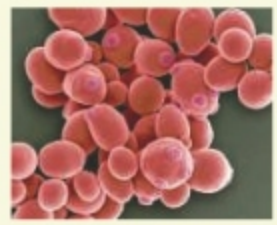
+ 15 %

Plus proche de l'homme que le nématode ou la mouche, la souris offre des résultats plus intéressants en termes de transposition, même si les résultats sont forcément plus modestes.

MOUCHE

+ 300 %

À l'état naturel, la drosophile vit une trentaine de jours. En laboratoire, cette durée a pu être triplée.



MÉDUSE

Vers l'immortalité

Turritopsis nutricula est *a priori* immortelle: elle peut revenir à sa forme juvénile après avoir atteint sa maturité sexuelle. *A priori*, car, en pleine mer, elle se fera vite dévorer par un prédateur...

CNRS PHOTOTHÈQUE - AFP - AFP - AFP

qu'un allongement important de la durée de vie ne prive les gens de la motivation à s'adapter, indispensable à la survie, et que le changement social ne se paralyse ; des dictateurs vieillissants pourraient en effet rester ainsi au pouvoir pendant des siècles. *« Je pense que la recherche sur la prolongation de la vie débouchera sur une catastrophe sociale majeure ! »*, avance-t-il.

Certains scientifiques redoutent de leur côté que l'argent privé — qui peut prendre la forme de subventions de recherche et de salaires à sept chiffres, c'est-à-dire des montants deux à trois fois supérieurs à ce qu'offre l'université — fausse les priorités de recherche. Depuis 2010, le budget public des National Institutes of Health (NIH) a été réduit de 11 % (3,6 milliards de dollars), condamnant des milliers de projets de recherche à être privés de financement ou sous-financés. Durant la même période, on a assisté à une hausse considérable du capital privé au profit des entreprises scientifiques.

Par ailleurs, les scientifiques doivent de plus en plus se tourner vers des sites de financement participatif (*crowdfunding*) pour faire démarrer leurs projets. Une théorie courante parmi les milliardaires philanthropes veut que le gouvernement soit trop frileux pour piloter correctement la recherche médicale. Ce qui révolte Francis Collins, directeur des NIH : *« Ils ne peuvent pas rassembler tous les chercheurs du pays et du monde pour les faire travailler ensemble sur un problème. On est loin de l'effort de collaboration internationale que le gouvernement fédéral est capable de mobiliser ! »*

Des milliardaires contre la recherche médicale

À l'appui de leur action, l'élite technologique cite comme parole d'Évangile deux articles scientifiques très critiques à l'égard de l'état de la recherche médicale. Le premier, publié dans le *Journal of the American Medical Association* (2005), a été signé par John Ioannidis, professeur à Stanford, actuellement le plus grand spécialiste des biais inhérents à la recherche biomédicale. Celui-ci affirme que, motivés par la nécessité de publier et empêtrés dans un tissu de conflits d'intérêts, les scientifiques manipulent si souvent les données qu'il est impossible de faire confiance au corpus de littérature scientifique évaluant, par exemple, les mérites des traitements hormonaux de substitution, de la vitamine E ou de l'aspirine à faibles doses.

La deuxième publication, éditée en 2014 et cosignée par Harold Varmus, prix Nobel de médecine et ancien directeur des NIH ainsi que du National Cancer Institute, affirme, pour l'essentiel, que trop de titulaires de doctorat sont en concurrence pour trop peu d'argent. Peter Thiel, pour qui la mort

SIGNATURES

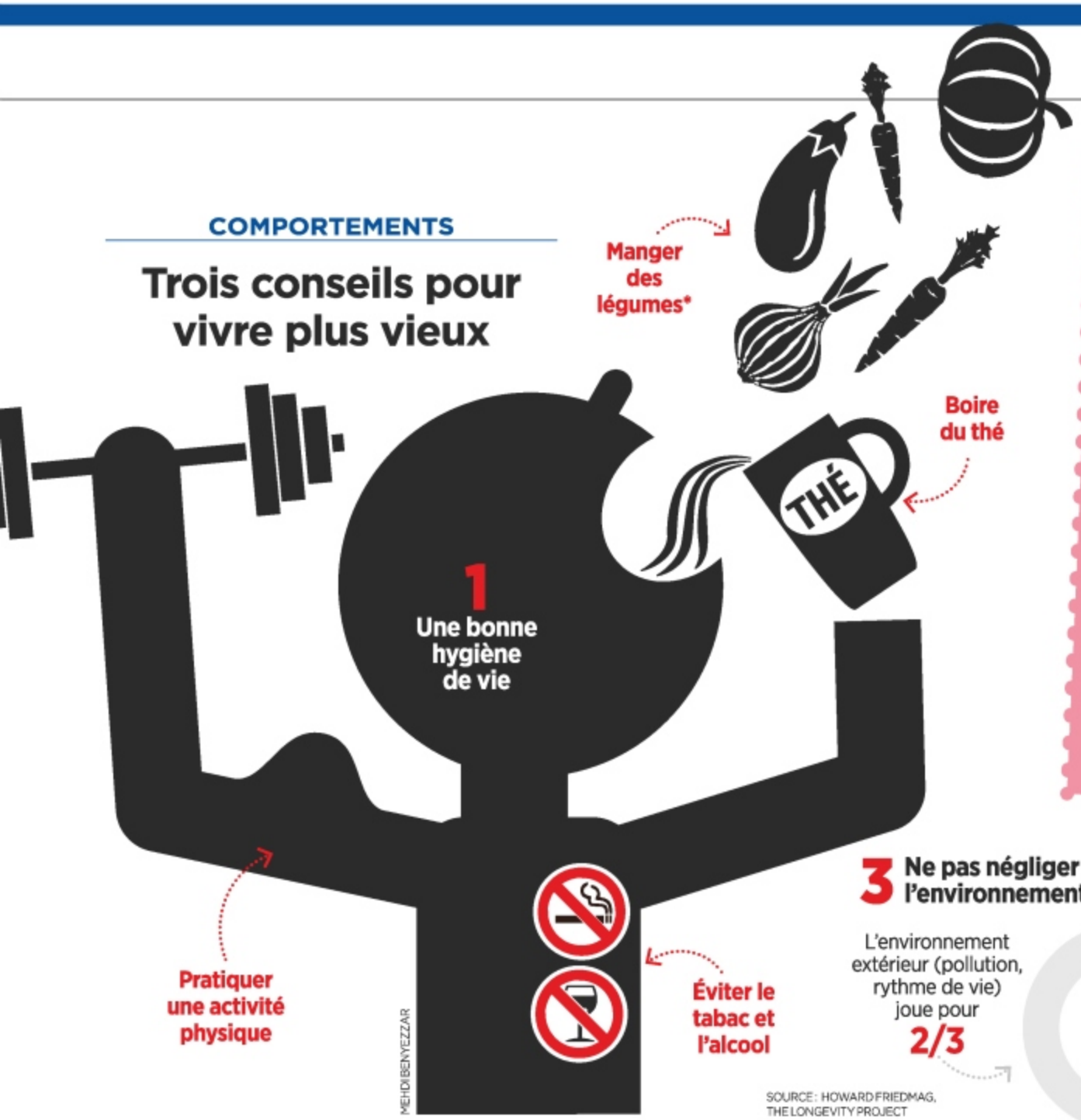
RÉACTION

Hugo Aguilaniu, directeur de recherche du CNRS à l'École normale supérieure de Lyon

« L'idée du laboratoire de Google (Calico) est de mimer l'effet d'une modification génétique, par une pilule, pour accroître la longévité. C'est très hypothétique, mais surtout, une telle augmentation pourrait avoir des effets physiologiques néfastes notamment sur la reproduction ou la croissance. En admettant que l'on parvienne à accroître notre espérance de vie de cinq ans d'un coup, par exemple, on altérerait alors de manière brutale notre démographie, avec des risques non maîtrisés. Non seulement, cela ferait exploser le système économique en une génération, mais cela pourrait également fragiliser l'espèce humaine. L'intérêt des recherches sur la longévité c'est d'étudier le vieillissement, pour être moins susceptibles aux grandes maladies liées à l'âge, pour bien vieillir, non pour vivre éternellement, ce qui n'est qu'un fantasme. »

COMPORTEMENTS

Trois conseils pour vivre plus vieux



* Lire aussi p. 70

2 Le bonheur, un facteur clé

Avec du sexe, les hommes (mais pas les femmes) voient leur espérance de vie allongée de 7 ans s'ils ont un rapport sexuel au moins une fois par semaine.

SOURCE : BRITISH MEDICAL JOURNAL, QUEENS UNIVERSITY, BELFAST, 2006

Ou sans

Les nonnes ont une espérance de vie allongée de 3 ans par rapport à la population féminine générale.

SOURCE : « LA LONGÉVITÉ DES RELIGIEUSES AU QUÉBEC, DE 1901 À 1971 », L. DUCHESNE & AL., UNIV DE MONTRÉAL

3 Ne pas négliger l'environnement

L'environnement extérieur (pollution, rythme de vie) joue pour **2/3**

Les gènes ne contribuent que pour **1/3** des facteurs assurant une longue vie

SOURCE : HOWARD FRIEDMAG, THE LONGEVITY PROJECT

AFP

« La grande tâche inachevée du monde moderne est de transformer la mort en problème à résoudre. Et j'espère contribuer à trouver une solution de toutes les façons possibles » **Peter Thiel,** cofondateur de PayPal

qui la mort est la *« grande ennemie »* du genre humain déplore ainsi que les scientifiques aux idées audacieuses aient été laissés sur la touche. *« Nous voulons les aider à s'évader des établissements de recherche existants »*, proclame-t-il. Il a ainsi financé des projets tels qu'une technologie de refroidissement à grande vitesse pour les organes humains permettant de les conserver indéfiniment, ou une méthode pour faire pousser des os à partir de cellules-souches afin de remplacer les os fracturés. Aubrey de Grey, qui a utilisé les contributions de Peter Thiel pour créer la SENS Research Foundation, mène désormais des recherches sur le vieillissement dans ses propres laboratoires et accorde des subventions aux universitaires, se concentrant sur les dégâts cellulaires et moléculaires qui s'accumulent au fil de la vie. Quant à Cynthia Kenyon, elle a récemment rejoint Calico, la start-up financée par Google qui s'est fixé pour objectif de « guérir » la mort. Elle se concentre désormais sur l'idée qu'*« il semble exister dans la nature des processus prolongeant la vie que l'on peut emprunter aux animaux »*. En dépit de toute l'énergie qu'il consacre à lutter contre le vieillissement, Peter Thiel affirme ne pas savoir ce qu'il ferait s'il lui était donné de vivre beaucoup plus longtemps. *« On pourrait se lancer dans des grands projets sans craindre de ne pas en venir à bout. On traiterait les étrangers beaucoup mieux parce qu'on aurait de bonnes chances de les revoir. On serait de bien meilleurs gardiens de la Terre si l'on n'était pas contraint d'imaginer que l'on vit son dernier jour et qu'il faut en profiter au maximum. »* ■

LA VERSION INTÉGRALE DE CET ARTICLE PARU DANS LE WASHINGTON POST EST À RETROUVER SUR NOTRE SITE SCIENCESETAVENIR.FR

SOLGAR

Since 1947

Solgardez votre sommeil !

Le flacon d'or Solgar
contient de la mélatonine
qui contribue à réduire
le temps d'endormissement.

En pharmacies et magasins de diététique.

Pour votre santé, mangez au moins cinq fruits et légumes par jour. www.mangerbouger.fr

www.solgar.fr

SENIORS

Une rentrée en forme

Pour rester en bonne santé, il ne faut négliger ni le corps, ni l'esprit qui ne forment qu'un. Voici quelques conseils pour aborder l'automne dans les meilleures conditions.

Dossier coordonné par **Charles Giol Agence Forum News.**
Rédaction : **Émilie Gillet, Thierry Beaurepère, Éric Tréguier.**

« À PARTIR DE 50 ANS, *des fragilités apparaissent naturellement. Ces vulnérabilités correspondent à une diminution de nos réserves fonctionnelles : un équilibre peut commencer à faire défaut ou quelques soucis de mémoire peuvent apparaître.* » Si le docteur Jean-Philippe David est si attentif à ces désagréments bien connus des quinquagénaires, c'est parce qu'ils font le lit de pathologies plus graves survenant avec l'âge : en cas de maladie ou parfois de choc émotionnel important, ces légers déséquilibres peuvent s'aggraver de façon extrêmement rapide et spectaculaire. « *Prévenir ces fragilités, c'est la clé du bien vieillir* », estime donc le Dr David. Il y a cinq ans, ce gériatre a ainsi ouvert à l'hôpital Émile-Roux de Limeil-Brévannes (Val-de-Marne) une consultation de prévention du vieillissement, unique en son genre en France. Grâce à des tests physiques et mentaux pratiqués sur des patients de 50 à 70 ans, apparemment en pleine forme, il détecte ces signes avant-coureurs et propose un programme de rééducation adapté à chaque cas afin de tenter d'éviter toute aggravation potentielle. Voici quelques-unes de ses bonnes pratiques, à adopter pour se donner toutes les chances de rester en forme plus longtemps. ▶

VINCENT HAZAT / ALTOPRESS / AFP

Une heure d'activité, même modérée, trois fois par semaine, enraye la fonte musculaire et prévient l'apparition de maladies neurodégénératives.

L'activité physique muscle aussi le cerveau

La lutte contre la sédentarité est indispensable à plus d'un titre : *« Après 65 ans, la fonte musculaire est importante*, souligne le Dr Jean-Philippe David. *Avoir une activité physique régulière est un moyen efficace de l'éviter. C'est aussi très utile chez les femmes pour lutter contre l'ostéoporose. En bougeant, les muscles sollicitent le squelette et participent ainsi à son renforcement.* » En pratique, le gériatre préconise une heure d'activité physique au moins trois fois par semaine. *« La marche en extérieur est sans doute la meilleure activité, car elle sollicite l'équilibre mais aussi la cognition.* » Pour allier l'utile à l'agréable, on peut aussi opter pour des activités alternant intensité modérée et élevée telles que la danse de salon, la randonnée en groupe, le Pilates en club de gym... Selon une étude de l'université de Poitiers (*lire* S. et A. *n° 821, « Bouger améliore le cerveau »*), l'augmentation du débit sanguin, de la plasticité synaptique du cerveau et du taux de catécholamines (adrénaline, noradrénaline, dopamine) serait notamment à l'origine de ces bienfaits. Pour le Dr Jean-Philippe David, toutes les activités ne se valent cependant pas : *« La nage en piscine est adaptée pour entretenir les articulations et convient aux personnes en surpoids, mais elle ne sollicite pas assez l'esprit. Même problème avec le vélo d'appartement qui, de plus, ne fait pas assez travailler l'équilibre.* »

E. ROUX

« La marche en extérieur est sans doute la meilleure activité car elle sollicite l'équilibre mais aussi la cognition. »

Dr Jean-Philippe David, gériatre à l'hôpital Émile-Roux (Val-de-Marne).

L'activité physique doit aussi, en effet, faire le plus de bien possible à l'esprit en agissant sur la neurochimie cérébrale : de plus en plus d'études montrent qu'elle joue un rôle antidépresseur et antidouleur et freine l'apparition de maladies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer. Elle est ainsi un facteur essentiel de bonne santé psychique à ne pas négliger.

Sociabilité et curiosité

Le cerveau se comporte comme un muscle : moins on s'en sert, plus il s'use. *« Toute activité qui demande de la concentration et de la réflexion est utile à la bonne santé du cerveau »*, résume le Dr Jean-Philippe David. Il peut s'agir d'activités du quotidien, comme tester une nouvelle recette de cuisine, prévoir des travaux de bricolage ou de jardinage, lire... Mais il est aussi très important, pour freiner la perte cognitive liée à l'âge, de préserver une activité sociale : rencontrer des gens, échanger avec ses amis, se réunir en famille. On peut aussi pratiquer une activité bénévole dans une association ou faire des visites culturelles en groupe.
Il est essentiel de ne pas perdre sa curiosité. L'âge ne doit pas empêcher de continuer à apprendre : découvrir une nouvelle langue ou se mettre à l'informatique par exemple (*lire* S. et A. *n° 812, « On peut prévenir Alzheimer »*). Il existe aujourd'hui une offre très importante pour ce type d'activités. Renseignez-vous auprès de votre mairie et/ou de votre Centre communal d'action sociale (CCAS) pour découvrir ce qui se passe près de chez vous. ■

Émilie Gillet

ALIMENTATION

Protéines, épices et vitamine D

- Avec l'âge, l'un des principaux dangers est la fonte musculaire et la perte de force. Le problème, c'est qu'on a souvent tendance à réduire les apports en protéines dans l'alimentation alors que, justement, les besoins augmentent pour lutter contre cette perte de masse musculaire. Il faut donc veiller à consommer suffisamment de protéines, notamment les poissons riches en Oméga 3, à penser aux légumes et aux céréales. Selon une étude (Pasquid) menée sur 2000 personnes ayant suivi ce régime, le risque de démence a en outre été diminué de 40 %.
- Goût et odorat deviennent naturellement moins sensibles avec l'âge. Attention à ne pas compenser en salant davantage : le sel favorise l'hypertension, principal facteur de risque des accidents cardio-vasculaires avec l'âge. Pour rehausser le goût, pensez aux épices et aux herbes aromatiques.
- Les seniors ressentent moins la soif mais les besoins en eau ne diminuent pas pour autant : il reste indispensable de boire 1,5 litre d'eau par jour.
- Environ 85 % des plus de 50 ans présentent un déficit en vitamine D : or, si elle indispensable à la bonne santé du squelette (lutte contre l'ostéoporose) et des muscles, elle joue aussi un rôle essentiel dans le métabolisme global et notamment dans la lutte contre l'apparition de la maladie d'Alzheimer (risque multiplié par 2 chez des patients en déficit selon une étude parue en 2014). Mieux vaut donc réaliser un dosage sanguin, et envisager avec votre médecin traitant une supplémentation si nécessaire. ■ **E. G.**

SI VOUS SOUHAITEZ REPRENDRE LE SPORT APRÈS 50 ANS, parlez-en d'abord à votre médecin. Il vous prescrira peut-être quelques examens pour déterminer l'activité qui vous correspond le mieux.

BONNE VUE, BONNE OUÏE. Porter des lunettes après 50 ans, cela ne gêne personne. Alors pourquoi se priver d'un appareil auditif ? D'autant que la perte progressive de l'audition due à l'âge accélère le déclin des fonctions cognitives (mémoire, attention, calcul, expression). Mais — bonne nouvelle ! — le port de prothèses peut ralentir cette perte, comme le suggère une étude chez 250 personnes, hommes et femmes, âgées de 55 ans environ au début de l'étude.

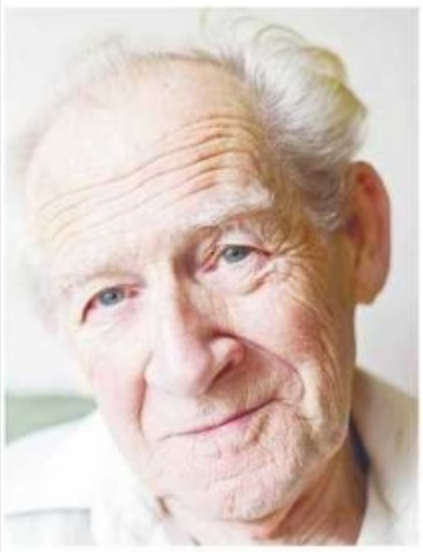
NE PRENEZ PAS LES PROBLÈMES D'HYPERTENSION À LA LÉGÈRE. Des études ont montré que son traitement réduisait de moitié le nombre de cas de démence chez des personnes de plus de 60 ans. Le diabète favorise aussi l'apparition de troubles cognitifs.

La Fondation pour la Recherche Médicale vous informe

Maladie d'Alzheimer, un défi pour la recherche

FONDATION RECHERCHE MÉDICALE

MALADIE D'ALZHEIMER
UNE PENSÉE
POUR NE PAS OUBLIER



En 1906, le Dr Aloïs Alzheimer est le premier à décrire un cas de démence progressive, associée à des lésions dans le cerveau. Il faudra attendre 60 ans pour que cela soit considéré comme une maladie et non un vieillissement normal, et 20 ans encore avant que les chercheurs s'intéressent enfin au cerveau des malades.
Pour beaucoup, cela reste une maladie taboue, associée aux troubles de la mémoire. Mais cette maladie est bien plus complexe et sa dimension sociale est considérable.

Le point sur la maladie d'Alzheimer

La maladie d'Alzheimer entraîne une destruction progressive et irréversible des neurones dans le cerveau. Peu de choses sont connues sur la maladie. Elle est multifactorielle, avec des origines à la fois génétiques, physiologiques et environnementales. Les patients présentent deux types de lésions cérébrales dues à l'accumulation anormale de protéines, qui provoque la mort des neurones : les plaques séniles (agrégats de peptide bêta-amyloïde) et les dégénérescences neurofibrillaires*.
La détérioration des neurones se manifeste dans un premier temps par des troubles de la mémoire, du langage, des difficultés à effectuer certains gestes et par la perte de reconnaissance des objets et des visages. Ces troubles n'apparaissent pas brutalement, mais insidieusement et lentement. Ils peuvent évoluer conjointement ou de façon isolée. La propagation des lésions dans le cerveau aggrave les symptômes : perte d'autonomie cognitive puis physique, troubles du comportement (apathie, dépression), altération des interactions sociales et isolement, dégradation des fonctions vitales.

**Dégénérescences neurofibrillaires : accumulation à l'intérieur des neurones de filaments pathologiques, des fibrilles constituées de protéines appelées tau.*

Un problème majeur de santé publique

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, on estime aujourd'hui à 35,6 millions le nombre de personnes dans le monde atteintes de démences : la maladie d'Alzheimer est impliquée dans 60 à 70 % des cas. En France, 900 000 personnes sont atteintes de maladie d'Alzheimer et 225 000 nouveaux cas sont diagnostiqués chaque année, soit 1 personne toutes les 3 minutes ! En raison du vieillissement de la population, en 2020, 1 Français de plus de 65 ans sur 4 devrait être touché par la maladie d'Alzheimer. D'une manière générale, elle apparaît après 65 ans et de façon non prédictive car seul 1,5 à 2% des cas sont héréditaires. Elle touche plus de femmes que d'hommes. C'est la 4e cause de mortalité en France.

Des pistes de recherches prometteuses

Il n'existe, à l'heure actuelle, aucun traitement pour guérir la maladie d'Alzheimer. Seuls quelques traitements peuvent freiner l'évolution des symptômes. Par ailleurs, des mesures peuvent retarder l'entrée dans la maladie et ralentir sa progression : la prise en charge des pathologies cardiovasculaires et la stimulation des fonctions cognitives. Mais la recherche progresse, et de nombreux axes sont féconds et porteurs d'espoirs : compréhension du fonctionnement du cerveau en conditions normales et pathologiques, développement de nouvelles thérapies, techniques innovantes de diagnostic, tests de molécules novatrices... Certains projets visent par exemple à mieux comprendre comment les peptides bêta-amyloïdes s'accumulent dans le cerveau, afin de les éliminer ou d'empêcher leur formation ; d'autres portent sur les cellules de soutien qui entourent les neurones et assurent leur protection, l'idée étant à terme de développer des traitements capables de protéger les neurones et ralentir ainsi l'évolution de la maladie... Une recherche sur tous les fronts qui pourra mener au développement de traitements innovants.

▶ en savoir plus sur frm.org

Se ressourcer sans médicaments

Thermalisme, « fly yoga »... L'offre de remise en forme s'est mise au goût du jour pour faire travailler muscles et articulations.

L'ÉTÉ N'EST PAS TOUJOURS SYNONYME de repos. Randonnées en montagne, visites urbaines... L'activité physique éprouvante est parfois au rendez-vous, surtout pour les nombreux jeunes seniors qui gardent leurs petits-enfants, de manière volontaire ou gentiment contrainte. Avec la rentrée, il est possible, pour ceux qui en ont l'opportunité, de penser enfin à soi en s'offrant une cure de remise en forme.

Depuis une dizaine d'années, cet univers du « bien-être » s'est démocratisé — entre spa, balnéothérapie et yoga —, ces pratiques traditionnelles s'étant elles-mêmes réinventées pour mieux correspondre aux attentes. Ainsi, les classiques centres de thalassothérapie et de thermalisme ne cessent d'innover sur le plan marketing, à coups d'espaces feutrés et de nouvelles expériences sensorielles... avec notamment l'apparition du « thermoludisme » (l'alliance du thermalisme, de jeux d'eau et d'activités à caractère ludique), en plein boum. Ces pratiques s'adressent principalement aux seniors à la recherche de solutions santé sans médicament. Mais attention : elles doivent être effectuées dans le respect de règles strictes afin de limiter les risques. Une visite chez le médecin généraliste est donc indispensable pour identifier les éventuelles contre-indications.

Des pratiques ciblées pour des seniors à la recherche de solutions santé douces

La thalasso contre arthrose et douleurs

Bains d'eau iodée, enveloppements de boues et soins à base d'algues constituent le quotidien des curistes qui cherchent à soigner arthrose, douleurs musculaires et affections dermatologiques. Car les organes font le plein en oligo-éléments lors de ces séjours, dont certains sont pris en charge par la Sécurité sociale : ▶

ONLYFRANCE.FR

Les centres de thalassothérapie offrent désormais des soins dédiés à la lutte contre le vieillissement.

MSD,
un laboratoire engagé

© D.R.

Au rythme d'une demi-journée par semaine, sur des sessions de quatre à six sorties, un salarié peut prendre sur ses heures de travail pour accompagner, au musée, une personne atteinte de la maladie d'Alzheimer. Des bénévoles racontent: *«Nous rencontrons des personnes habituellement repliées sur elles-mêmes et les observons s'ouvrir au monde, s'exprimer, vivre des émotions, avoir des sensations. Et tout cela à travers l'art! C'est une expérience vraiment enrichissante».* Régulièrement, le Docteur Nawel Yakoubi, responsable des partenariats scientifiques chez MSD France, accompagne une personne atteinte de la maladie d'Alzheimer à la découverte d'un musée. Depuis 2009, grâce à un accord conclu avec l'association ARTZ, dont la mission consiste à promouvoir la qualité de vie des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer à travers l'art, le laboratoire pharmaceutique, qui est aussi membre de la Fondation de coopération scientifique sur la maladie d'Alzheimer depuis son origine, a permis à plusieurs dizaines de ses collaborateurs d'entrer dans le monde de l'art-thérapie. A cet effet, l'employeur octroie une quarantaine d'heures par an à chaque salarié qui fait le choix de s'engager.

Comprendre le quotidien

« J'ai d'abord suivi une formation très complète, de deux journées entières », raconte Emmanuelle Daclin, qui travaille au service des affaires réglementaires. *« J'ai beaucoup apprécié. Nous avons fait le point sur la maladie, sa prise en charge. Nous avons fait des jeux de rôle, visité un hôpital avec un accueil de jour »*, poursuit-elle. La pathologie est ainsi replacée dans un contexte global. Sorties en tandem. Pour les personnes souffrantes, les sorties culturelles jouent un rôle thérapeutique. Elles stimulent la mémoire, les sensations et les fonctions cognitives. *« A travers l'art, il s'agit de retrouver des sensations vécues, des souvenirs »*, précise Nawel Yakoubi. Ces visites culturelles sont également un moment de répit pour les aidants, qui sont souvent des conjoints épuisés par la maladie de leur partenaire. Dans l'idéal et lorsque c'est possible, un bénévole accompagne toujours la même personne. C'est le cas d'Emmanuelle Daclin. Par souci d'organisation et de façon à constituer les meilleurs tandems, l'association a trouvé une personne qui habitait dans un lieu proche de son domicile. Pendant plus d'un mois, chaque mardi, en début d'après-midi, les deux voisines se sont retrouvées pour visiter le musée du Quai Branly et le Grand Palais, à Paris. Chaque fois, les deux femmes rejoignaient un groupe de sept autres duos. *« La session vient de se terminer. Je renouvellerai l'expérience dans quelques mois, en fonction de mon emploi du temps,* envisage Emmanuelle Daclin. *L'activité étant proposée dans le cadre de mon entreprise, c'est facile. Et j'aime beaucoup l'idée de participer à cette entraide. C'est une belle initiative. »*

■ Pour mieux connaître l'association ARTZ : www.associationartz.org

■ Pour mieux connaître MSD France : www.msd-france.com et www.merck.com

MSDAVENIR, fonds de soutien à la recherche dans les sciences du vivant, a été lancé le 17 mars 2015 par Cyril Schiever, Président de MSD France, et Dominique Blazy, Directeur médical.

MSDAVENIR
Améliorer la Vie ENsemble par l'Innovation et la Recherche

Pour Cyril Schiever, qui préside le conseil d'administration de MSDAVENIR, *« cet investissement majeur (75 millions d'euros) renforce notre stratégie d'alliance en matière de recherche en France. Dans un environnement de plus en plus favorable aux partenariats publics-privés et avec la confiance des pouvoirs publics, nous souhaitons poursuivre le dialogue et la collaboration avec les instituts de recherche pour relever les défis scientifiques actuels. »* Le fonds soutient également des initiatives sociales avec comme priorités le soutien aux malades et leurs aidants, ainsi que l'éducation.

Pour en savoir plus : www.msdavenir.fr

calcium pour les os, iode pour la thyroïde, magnésium et potassium pour les muscles... Mais il s'agit d'abord de se ressourcer. Les centres de thalasso l'ont bien compris ! Certes, on y déambule toujours en claquettes et peignoir. Mais l'environnement a évolué pour gommer les aspects médicaux, entre ambiance feutrée, musique zen et décor soigné. Surtout, l'offre de soins s'est élargie. On vient désormais en cure pour affiner sa silhouette, arrêter de fumer, lutter contre le vieillissement ou se « détoxifier ». Mieux, la thalasso « coaching » (cures sportives) ajoute à des soins classiques la pratique d'une activité. Aquabike, marche nordique, vélo, surf ou golf... il y en a pour tous les goûts.

BUDGET : à partir de 99 € par personne et par nuit avec petit déjeuner, un soin inclus ; à partir de 234 € le séjour de 3 jours / 2 nuits, incluant 3 soins par jour.
www.france-thalasso.com

Le yoga libère les tensions

De plus en plus de formules de remise en forme misent sur une approche holistique. Nutrition, méditation et exercices de respiration inspirés de médecines traditionnelles viennent alors en complément de soins plus classiques. Encore faut-il se lancer accompagné d'un véritable coach, afin d'éviter le gourou charlatan. Visant à renforcer l'équilibre entre le corps et l'esprit, le yoga est une discipline plus complète qu'on ne le pense. Car si elle permet de se détendre en se libérant des tensions, elle est aussi le moyen de sculpter sa silhouette à moyen terme. Le yoga permet en effet de travailler les muscles en douceur et en profondeur pour dessiner un corps harmonieux ; mais aussi de remodeler la silhouette et de gagner en souplesse. Pour ajouter à la difficulté, on peut opter pour le « fly yoga », qui se pratique dans un hamac. Pour tenir les positions, il faut allier force, souplesse, adresse et endurance.

BUDGET : de 15 à 20 € pour un cours collectif de 1 h 30, environ 60 € pour une séance particulière, à partir de 600 € pour un séjour d'une semaine incluant l'hébergement et les repas, transport en option.
http://lemondeduyoga.org

Le thermalisme pour son bien-être

Avec plus de cent stations, la France est le troisième pays thermal d'Europe. À cette tradition de la santé par l'eau (essentiellement pour la rhumatologie et les problèmes respiratoires) — et dont les séjours sont pris en charge par la Sécurité sociale sous certaines conditions —, la balnéothérapie et les spas ajoutent une notion de bien-être. L'imagination est sans limite, entre les enveloppements à base de raisin ou de poudre de riz, les bains en apesanteur et les jets hydromassants, les modelages aux pierres précieuses et l'aromathérapie. Mais si le plaisir est là, les vertus thérapeutiques restent parfois à démontrer. Cette frontière entre cure médicale et bien-être s'estompe avec le spa « médicalisé », la tendance du moment. À Lyon, Medispa répond aux préoccupations liées au vieillissement cutané et aux problèmes de poids. Alors qu'à Montpellier, le centre R-Révolution Santé propose un éventail de thérapies non médicamenteuses dans un cadre agréable, distillées par une armada d'éducateurs sportifs, kinésithérapeutes et diététiciens.

BUDGET : bénéficiez de réductions (généralement 10 %) sur une sélection de séjours/produits lors du prochain salon Les Thermalies, du 21 au 24 janvier 2016, au Carrousel du Louvre, à Paris.
www.thermalies.com
www.medecinethermale.fr

■ **Thierry Beaurepère**

ARGENT

Des idées pour financer ses séjours

Pas facile de financer certains séjours ou stages de remise en forme à la rentrée, quand pointent déjà impôts, charges ou cadeaux de Noël... Pour faire face, il existe d'autres solutions que le crédit à la consommation dont les taux d'intérêt ont de quoi affoler : entre 6 et... 16 %.

- Pour les plus aventureux : les prêts entre particuliers. Ils sont contractés sur des plateformes spécialisées qui mettent en contact les particuliers. Les taux proposés, en moyenne inférieurs de 1 point à ceux des banques, restent cependant élevés : entre 3,5 % et 6,7 %, auxquels s'ajoutent 1,8 % de frais de dossier. Depuis décembre 2011, 200 millions d'euros de prêts ont ainsi transité par le site Prêt d'Union, *« la seule plate-forme de ce type au monde à être agréée établissement de crédit par l'ACPR, l'Autorité de contrôle prudentiel et de résolution »*, précise son cofondateur Charles Egly.

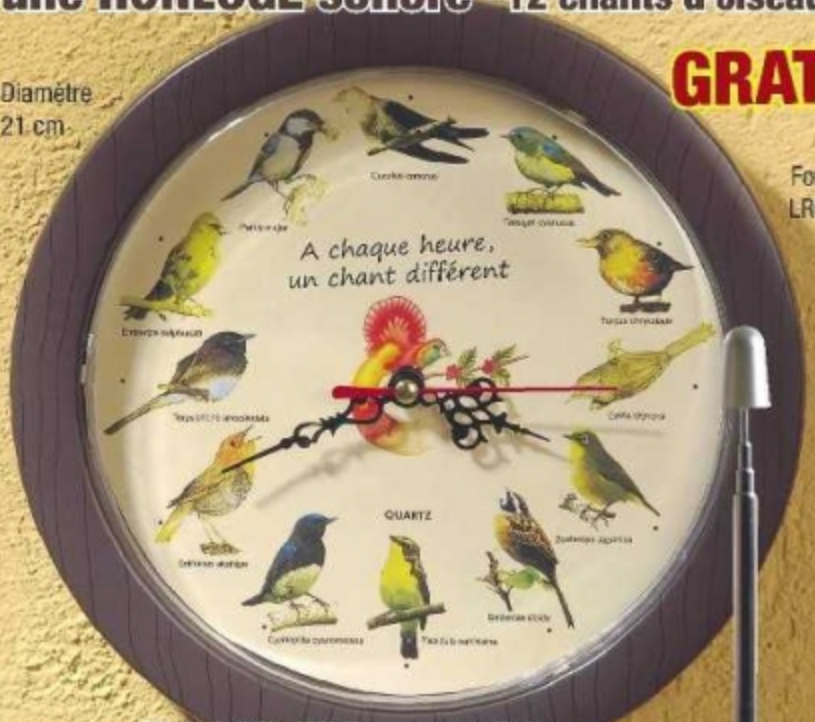
- Pour les plus prévoyants : piocher dans ses économies — si l'on en dispose — en veillant à bien choisir son retrait. À éviter, les retraits sur un Plan d'épargne logement, qui entraînent sa clôture. Mieux vaut s'attaquer aux placements totalement liquides, comme le Livret A (et son cousin le Livret de développement durable), avec ses 0,75 % de rendement annuel depuis le 1er août. Un banquier interrogé souligne cependant qu'*« il faut limiter ses ponctions à la moitié de son épargne disponible »*, afin de conserver une trésorerie suffisante pour faire face à d'éventuels aléas. La meilleure solution reste l'assurance-vie. Près d'un Français sur deux en détient une, mais peu savent qu'il est possible de demander une « avance », et non un « retrait », car ce dernier entraîne la clôture du contrat. L'avance est une sorte de prêt accordé par l'assureur. Elle peut représenter 80 % de l'épargne investie sur le contrat. Avantage ? Son faible coût : l'équivalent du rendement du contrat, majoré de 0,5 % en général. Autrement dit, si le contrat rapporte 2,5 % cette année-là, l'avance ne coûte que 3 %. Et pendant ce temps, la somme qui correspond à l'avance continue de fructifier dans le contrat ! ■

Éric Tréguier

une HORLOGE sonore "12 chants d'oiseaux"

GRATUIT

Diamètre 21 cm



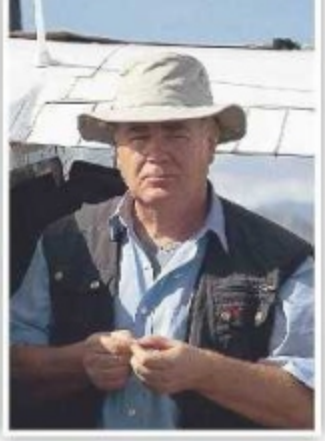
Silencieuse la nuit
Fonctionne avec 3 piles LR6 - 1,5V non fournies

+ une RADIO FM portable

GRATUIT

Dimensions
17,5 x 11 x 7 cm

Fréquences FM 88-108 MHz
Fonctionne avec 3 piles LR6-1,5V non fournies



Suivez mes aventures "café" sur mon Blog
www.blog.pauldequidt.com

Paul Dequidt

TORRÉFACTEUR ET DÉCOUVREUR D'ARABICAS RARES

Après toute une vie dévouée à la quête d'arabicas rares, je vous propose de découvrir un café unique, Soleil Matinal, fruit de mes 65 expéditions dans les pays du café.

avec 2 KILOS de café arabicas rares

à 20€
au lieu de ~~39€20~~
Livraison GRATUITE

8 sachets de 250g moulu

ou

16 sachets de 18 dosettes souples (= 288 dosettes)

hauteur 21 cm

sachet 12 x 14 cm

Arabicas rares *ou* Décaféiné Arabica Cerrado

Prix tarif café 4€90/250g
Prix découverte 20€ pour 2 kilos soit 2€50/250g

S.A. Paul DEQUIDT Torréfacteur au cap. de 928.800€ - R.C. Dunkerque B 311 995 740 - 2101, voie romaine - 59727 WORMHOUT Cedex - Tél : 03.28.23.02.02 - email : julie@pauldequidt.com. **www.pauldequidt.com**. Mandat-cash non accepté. Droit d'accès et de rectification aux informations vous concernant et droit de rétractation de 15 jours. Votre colis vous est remis par votre facteur ou par livreur. Photos non contractuelles. Offre Découverte sans engagement, **uniquement réservée aux nouveaux clients**, 1 seul colis par foyer. D (08/15)

OFFRE DÉCOUVERTE *à retourner à* Paul DEQUIDT Torréfacteur 59727 WORMHOUT cedex

code rapidité **7310**

☒ **OUI, je veux déguster** votre café rare. Envoyez-moi vite :

☐ Mme ☐ Mlle ☐ M.

mon **HORLOGE sonore** **GRATUITE**
"12 chants d'oiseaux"

\+ ma **RADIO FM portable** **GRATUITE**

\+ **2 KILOS DE CAFÉ** arabicas rares *Soleil Matinal* **à 20€** **Livraison GRATUITE**

☐ aux **ARABICAS rares MOULU** *(réf. 3285)*

ou

☐ **DÉCAFÉINÉ arabica Cerrado MOULU** *(réf. 3287)*

ou

☐ aux **ARABICAS rares en DOSETTES souples** *(réf. 3288)*

ou

☐ **DÉCAFÉINÉ arabica Cerrado en DOSETTES souples** *(réf. 3289)*

Nom .....

Prénom ..... N° .....

Rue .....

Code postal

Ville .....

Ma date de naissance *(facultatif)* 19

Mon email *(conseillé)*

JE COMMANDE ET JE RÈGLE

☐ par chèque signé de **20 euros** à l'ordre de Paul DEQUIDT Torréfacteur

☐ par carte bancaire

Date d'expiration

☐ par téléphone au **03.28.23.02.02** du lundi au vendredi de 9H à 15H30

☐ sur Internet **www.pauldequidt.com** Je tape mon code rapidité 7310 pour recevoir mon café et mes cadeaux en Colissimo urgent sans frais supplémentaire

GARANTIE 12 MOIS : ENCHANTÉ OU REMBOURSÉ
Si je ne suis pas totalement enchanté, je vous retourne 1 Kilo 500 de café rare seulement et vous me remboursez 20 euros.

Coloniser Mars, une mission sans retour

En vue d'établir une base permanente sur le planète Rouge, le projet privé Mars One est en train de sélectionner 24 volontaires. Il reste à surmonter de nombreux obstacles techniques et financiers.

Par Sylvie Rouat

BRYAN VERSTEEG/MARS ONE/SIPA

CELA SONNE COMME LE SLOGAN d'une émission de téléréalité. Ils sont 100 en lice : 50 hommes et 50 femmes de cinq continents, dont un Français, Jérémy Saget, médecin bordelais de 37 ans. À la fin de l'été 2016, il n'en restera que 24...
Et pourtant ! Il s'agit en fait de la troisième étape d'un ambitieux programme de colonisation martienne, baptisé Mars One et lancé en 2012 par les Néerlandais Bas Lansdorp et Arno Wielders, respectivement ingénieur et physicien. Ces deux passionnés d'espace ont longtemps cru qu'une agence étatique — américaine, européenne, russe ou asiatique — organiserait un jour un vol habité vers Mars. Las ! ils n'ont rien vu venir. Certes, les robots arpentent bien la planète Rouge... mais ils resteront seuls pendant encore des décennies. Américains, Chinois, Russes ou Indiens évoquent une possible mission habitée vers les années 2030, 2040 voire 2050, mais aucune agence n'a concrétisé pour l'instant ses prévisions. Faute de budget et de technologies abouties.

Plus de 200 000 volontaires pour 24 élus

Alors, Lansdorp et Wielders ont eu des fourmis dans les jambes. Qu'y a-t-il de si difficile et coûteux dans un voyage martien ? se sont-ils demandé. Réponse : le retour. Dès lors, l'idée leur est apparue, lumineuse. Il « suffit » d'organiser un aller simple : muni d'un billet sans retour, les voyageurs vers Mars deviendront de fait des colons, voués à passer le reste de leur (brève ?) vie à plus de 56 millions de kilomètres de la terre.

Les organisateurs de Mars One sont passés à l'action. Ils ont ainsi officiellement l'intention d'établir, d'ici à la fin de la prochaine décennie, la première colonie martienne « permanente » peuplée de volontaires. Le plus fou étant que les candidats se sont bousculés pour cet aller simple planétaire ! 202 586 personnes originaires de tous les continents ont en effet postulé. Après deux premiers rounds de sélection, les 100 candidats retenus ont été réunis au début de l'été 2015 dans un lieu tenu secret à l'heure où nous écrivons ces lignes, pour former 6 à 10 équipes de 10 à 15 membres selon les affinités. Seul impératif : respecter la parité hommes-femmes. Une série d'épreuves en équipe devra éliminer les « maillons faibles » pour ne garder que 40 candidats qui, dans les prochains mois, subiront un

OWP

« Ce projet a été pensé par des gens sérieux, avec une mentalité de fonceurs : on essaie, et ça va peut-être marcher » **Alain Souchier,** président de l'association Planète Mars

Vue d'artiste d'une base martienne permanente telle qu'elle a été imaginée par l'équipe de Mars One.

BRYAN VERSTEEG/MARS ONE

L'intérieur d'un module de vie. Chaque habitant disposerait de 250 mètres carrés.

programme d'isolement pendant 9 jours dans deux habitacles de la Planetary Society. Cette organisation privée, fondée notamment par l'astrophysicien américain Carl Sagan aujourd'hui disparu, possède en effet des installations de simulation spatiale dans le désert de l'Utah (États-Unis) et le Grand Nord canadien. Et les 24 élus seront enfin embauchés à plein temps pour s'entraîner à leur future mission vers Mars... qui verra s'envoler une seule équipede quatre lors du premier départ prévu en 2026. Des vols se succéderont ensuite tous les deux ans. Fantasme de doux rêveurs ? Pas si simple. Les fondateurs et leur équipe ont déjà fait plancher les ingénieurs de trois entreprises spatiales américaines, dont Lockheed Martin, l'un des principaux groupes de défense et d'aéronautique. « *Ce projet a été pensé par des gens sérieux*, reconnaît Alain Souchier, président de l'association Planète Mars, branche française de la Planetary Society américaine qui s'est fixé pour objectif d'encourager les projets spatiaux. *Ils ont une mentalité de "fonceurs" à l'américaine : on essaie, et ça va*

FAR WEST SIDÉRAL

Un rêve de milliardaire

Le milliardaire américain Elon Musk, fondateur de nombreuses sociétés comme Tesla Motors et surtout Space X, a également Mars dans le viseur depuis son enfance de *geek* passionné de science-fiction. Pour lui, l'envoi d'une première mission d'une dizaine de volontaires pourrait raisonnablement se faire d'ici à une douzaine d'années pour un budget estimé de 36 milliards d'euros, financement qu'il voudrait voir partagé avec la Nasa. La colonie serait fondée par un premier groupe d'une dizaine de personnes ayant déboursé 500 000 euros pour acheter leur billet, un aller simple pour ce far west planétaire. Tous voyageraient à bord d'un gros vaisseau réutilisable, capable d'emporter 100 tonnes de charge utile et alimenté par de l'oxygène liquide et du méthane. Le design de ce vaisseau, le Mars Colony Transport (MCT), devrait être dévoilé avant la fin de l'année 2015. Elon Musk estime qu'environ 80 000 personnes seraient partantes pour une telle aventure sans retour !
Un autre projet a été lancé par des volontaires habitant les pays du Golfe, les États-Unis, la Russie et l'Union européenne, qui ont uni leur soif d'aventure spatiale après avoir été rejetés des sélections de Mars One. Appelée MarsPolar, cette organisation n'a pas encore de statut légal et n'existe qu'à travers son site *. Son objectif pour 2015 est de s'organiser en société spatiale privée basée aux Émirats arabes unis.

* www.marspolar.space

▸ *peut-être marcher.* » Sur la planète Rouge, la colonie devra vivre de manière autonome, se nourrissant de ses propres récoltes — les futurs « Martiens » seront donc végétaliens —, extrayant l'eau du sol et régénérant l'atmosphère intérieure des modules habitables avec des plantes afin d'éviter tout réapprovisionnement coûteux depuis la Terre. Début juillet, Mars One a dévoilé son concept d'habitat, l'Environmental Control and Life Support System (l'ECLSS). Ces modules étanches seront équipés de systèmes permettant de surveiller la qualité de l'air en contrôlant notamment le niveau de dioxyde de carbone et autres contaminants, de produire de l'oxygène grâce à l'électrolyse de l'eau. L'eau elle-même sera extraite par chauffage du régolithe (couche de poussière du sol) martien, l'azote et l'argon seront séparés de l'atmosphère de la planète. Les déchets humains (urine) seront recyclés pour obtenir de l'eau purifiée, etc. Problème : l'habitacle pèse 7 500 kg. Et il en faudrait 6 pour une colonie de 24 habitants. Beaucoup plus que ce qui était prévu. Bref, le concept est encore sur la planche à dessin.
D'autant qu'il ne répond pas entièrement aux critiques émises par le Département d'aéronautique et d'astronautique du Massachusetts Institute of Technology (MIT), qui a mené une étude indépendante quant à la faisabilité de la mission, présentée au Congrès international d'astronautique de Toronto en octobre 2014. Ce rapport notait, par exemple, que *« si la récolte est utilisée comme seule source alimentaire, cela produira des niveaux d'oxygène dangereux dans l'habitat »*, qui amèneraient les colons à suffoquer rapidement. Pour éviter ce scénario, il faudrait utiliser un système d'extraction de l'oxygène en excès..., une technologie qui n'existe pas encore.

Un niveau de protection des colons insuffisant

Les ingénieurs du MIT émettaient également des doutes sur les systèmes d'utilisation des ressources *in situ* qui sont loin d'être au point, notamment pour ce qui est d'extraire l'azote, l'oxygène et l'eau de l'atmosphère et du sol. Enfin, le nombre de lancements pour préparer l'arrivée des colons serait, selon le MIT, clairement sous-estimé.
La protection des colons dans l'environnement peu riant de la planète Rouge n'est pas vraiment maîtrisée à ce jour. Le voyage de 6 à 7 mois pour y parvenir exposera l'équipage d'abord aux rayons cosmiques de haute énergie, facteurs de cancers. En apesanteur, ils seront confrontés à une perte importante de masse osseuse et musculaire. Dans quel état arriveront-ils au moment d'entreprendre la partie la plus difficile : apprendre à survivre en milieu hostile ?
Car Mars n'est pas accueillante. Elle possède en effet une atmosphère ténue qui laisse passer les radiations solaires. Certes, selon Bas Lansdorp, les volontaires effectueront leurs sorties avec un scaphandre comportant de l'eau, l'un des meilleurs moyens d'arrêter ces rayons cancérogènes, et les modules d'habitation seront recouverts d'une épaisse couche de régolithe. Mais la fine poussière orange qui tapisse la planète contient des éléments toxiques tels que le perchlorate qui agit sur la fonction thyroïdienne, des sili-

POUR EN SAVOIR PLUS

- **www.mars-one.fr** Le site en français du projet Mars One
- **www.planetemars.com** Le site de l'association Planète Mars
- **www.marssociety.org** Le site de la Mars Society (en anglais)
- **www.florenceporcel.com** Le blog de Florence Porcel

SIPA

« Même si le projet n'aboutit pas, il aura au moins eu ce grand mérite : faire parler de l'exploration spatiale »
Florence Porcel, volontaire au départ vers Mars

© STEVE DOUGLAS/DIGITAL BEACH MEDIA/SIPA

La station de recherche « Mars Desert », située dans le désert de l'Utah (États-Unis), servira à l'entraînement des 24 candidats retenus.

cates qui affectent les voies respiratoires, du gypse nocif pour les poumons, la peau et les yeux. Elle s'infiltrera partout à la faveur des tempêtes de sable, au risque de gripper nombre de systèmes vitaux, dans les habitats et les scaphandres.

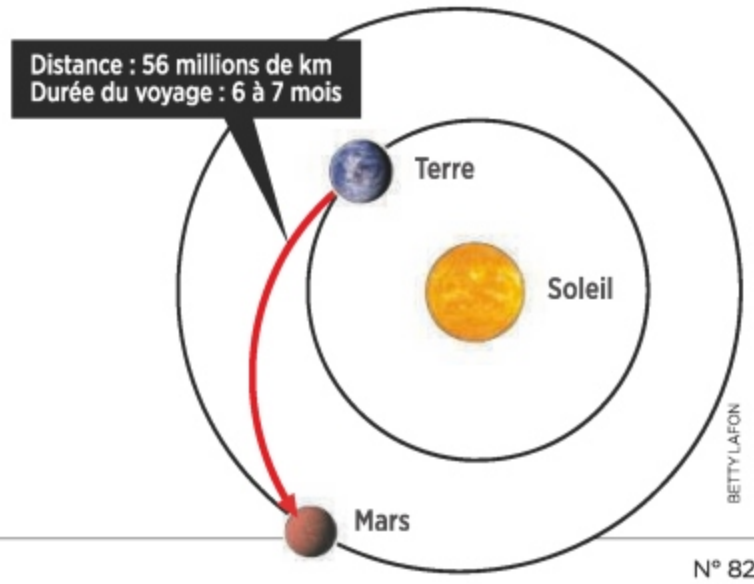
6 milliards d'euros, une somme irréaliste

Mais le premier écueil de la mission reste financier. Les fondateurs ont évalué les coûts à 6 milliards d'euros pour le premier vol et à environ 4 milliards pour chacun des suivants. Bas Lansdorp a reconnu en février qu'il n'était pas encore possible de faire construire les deux premières sondes robotiques de reconnaissance (un atterrisseur et un orbiteur), censées partir en 2018. Résultat : les délais ont glissé de deux ans. *« Ce n'est pas bon signe, même si les délais initialement annoncés étaient irréalistes »*, estime Alain Souchier. *« Il est normal que le projet ne soit pas encore financé puisque le principe même est de tirer des revenus de l'exploitation de la préparation !* tempère Florence Porcel, blogueuse française et volontaire au départ, qui a traversé plusieurs étapes de sélection avant d'en être écartée il y a quelques mois. *Une série documentaire doit ainsi être diffusée sur la sélection et l'entraînement des équipes.* » Bas Lansdorp part en effet du constat que les jeux Olympiques de Londres en 2012 ont engrangé à eux seuls quelque 4 milliards d'euros en seulement trois semaines de diffusion… et en a extrapolé qu'une émission de téléréalité à l'échelle mondiale ferait tomber encore bien plus d'argent dans son escarcelle.

Problème : la société de production néerlandaise Endemol vient de se retirer du projet. Et l'opération de financement participatif lancé en 2014 n'a pas atteint les 400 000 euros attendus. Reste la vente de tee-shirts, mugs et autres produits dérivés… dont on peine à croire qu'elle puisse rapporter rapidement 6 milliards d'euros, une somme par ailleurs jugée très insuffisante par Alain Souchier pour qui *« il faudrait plutôt miser sur 100 milliards d'euros »*. Quant aux milliardaires éventuellement intéressés, ils sont pour certains engagés dans des projets concurrents *(lire l'encadré)*. Le programme Mars One patine, certes, mais *« montre qu'il y a un grand intérêt du public pour le voyage martien »*, estime cependant Alain Souchier. *« Ils avancent, ils permettent de faire parler de l'exploration spatiale. Si le projet n'aboutit pas, il aura eu au moins ces grands mérites »*, affirme pour sa part Florence Porcel. ■

NAVIGATION INTERPLANÉTAIRE

Un aller simple pour Mars



BETTY LAFON

1

2

3

Les microalgues bientôt à la pompe

À Saint-Nazaire, une unité de production pilote unique au monde vient d'ouvrir ses portes. Une étape décisive vers la production de biocarburants de troisième génération. Reportage.

C'EST L'EFFERVESCENCE SUR LA PLATE-FORME AlgoSolis, implantée en périphérie de Saint-Nazaire (Loire-Atlantique). Sous une chaleur de plomb, ingénieurs et techniciens s'affairent, serrant les derniers boulons. Inaugurée au printemps dernier, l'installation flambant neuve de 2500 m² étincelle au soleil sous le regard quelque peu ému de son directeur, Jérémy Pruvost, professeur au Gepea (Laboratoire de génie des procédés, environnement, agroalimentaire) de Saint-Nazaire. Première unité de production pilote de microalgues pour les biocarburants dans l'Hexagone, c'est aussi la première au monde à combiner à la fois recherche et développement. De quoi positionner la France à la pointe de ce secteur en plein boom. Les scientifiques espèrent en effet que ces biocarburants de troisième génération, fabriqués à partir d'huile produite par des algues microscopiques, contribueront à remplir le réservoir de nos voitures à partir de 2030. Des biocarburants de première génération — tirés des parties nobles des plantes comme les grains de maïs ou les graines de tournesol (bioéthanol, biodiesel) — sont déjà distribués à la pompe. Mais ils sont critiqués pour leur concurrence avec la production alimentaire. L'Union européenne vient d'ailleurs de limiter leur incorporation à hauteur de 7 % dans l'essence ou le gazole. Pour atteindre l'objectif européen de 10 % d'énergie renouvelable dans les transports d'ici à 2020, il faudra donc faire appel aux biocarburants de deuxième génération — issus des parties non comestibles de végétaux (tiges, feuilles...) —, mais aussi aux fameuses microalgues.

Par rapport à ses deux aînés, le dernier-né des biofiouls offre certains avantages. Non seulement sa culture ne mobilise pas de terres cultivables, mais les microalgues sont plus productives que les plantes terrestres. Elles fabriqueraient jusqu'à dix fois plus d'huile à l'hectare que le colza par exemple. L'« or vert » a donc tout pour séduire... si ce n'est que jusqu'alors, un litre de carburant contenait moins d'énergie qu'on en dépensait pour le produire !

Démontrer que le bilan énergétique peut être positif

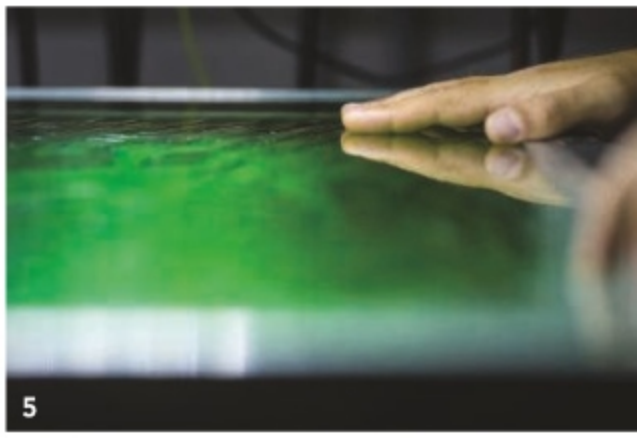
Un constat qui avait poussé certains industriels comme le pétrolier Shell à jeter l'éponge. Alors, cette nouvelle filière serait-elle une chimère ? « *Nous espérons montrer que le bilan énergétique des biocarburants de troisième génération peut être positif !* », déclare Jérémy Pruvost. C'est d'ailleurs tout l'objectif de la plate-forme AlgoSolis pilotée par le Gepea, l'université de Nantes et le CNRS, et financée par des collectivités locales et des fonds européens pour un montant de 3,8 millions d'euros. Maillon intermédiaire entre le laboratoire et l'échelle industrielle, cette unité pilote capable de produire deux litres de biocarburant par jour permettra de tester les technologies développées au Gepea. « *Si les résultats sont au rendez-vous, comme sem-*

LEXIQUE

Microalgues
Organismes microscopiques qui vivent dans les lacs et les océans et se reproduisent par photosynthèse.

Biocarburants de troisième génération
Carburant fabriqué à partir d'huile extraite de certaines espèces de microalgues.

Photobioréacteur
Réacteur fermé dans lequel sont cultivées les microalgues en conditions contrôlées (température, pH...)



5

AlgoSolis (1) et (2) est une plate-forme pilote de production de biocarburant à partir de microalgues. Celles-ci peuvent être cultivées en bassins (3), procédé qui requiert beaucoup d'eau, ou au sein de photobioréacteurs, plus économes. Le laboratoire Gepea, auquel appartient Jérémy Pruvost (4), a mis au point un nouveau réacteur, Algofilm, ne contenant que 2 millimètres d'eau (5).

PHOTOS MARTIN RUAUD/

« Si les tests sont positifs, nous serons prêts à passer à la phase industrielle d'ici à cinq ans »

Jérémy Pruvost, directeur de la plate-forme AlgoSolis (Saint-Nazaire, Loire-Atlantique)

blent le prédire nos calculs, nous serons prêts à passer à la phase industrielle d'ici à cinq ans. »

Pour atteindre cet objectif, chaque étape du procédé doit être soigneusement optimisée. À commencer par le choix des microalgues cultivées. Ces organismes microscopiques unicellulaires prospèrent dans les lacs et les océans du globe où ils se reproduisent par photosynthèse. « *Il en existerait des centaines de milliers d'espèces mais nous n'en connaissons que quelques milliers. Et seule une dizaine est exploitée aujourd'hui, dont la chlorelle et la spiruline, pour produire essentiellement des protéines et des pigments à destination des industries alimentaire, cosmétique ou pharmaceutique* », explique Jack Legrand, directeur du Gepea. Certaines algues fabriquent préférentiellement des lipides pour stocker l'énergie. Plus précisément des triacylglycérols (TAG) très similaires à ceux fabriqués par le tournesol ou le colza, et qui peuvent donc être directement injectés dans la filière industrielle du biogazole existante. Pour dénicher la perle rare — une microalgue robuste, productive en huile et facile à broyer pour extraire celle-ci —, trois ans de recherche en collaboration avec le CEA (Commissariat à l'énergie atomique) ont été nécessaires. Le laboratoire nantais a finalement jeté son dévolu sur deux souches, l'une marine (*Nanochloropsis*) et l'autre d'eau douce (*Parachlorella*), qui seront testées sur la plate-forme. L'efficacité des technologies développées depuis dix ans par le Gepea sera elle aussi évaluée. Permettront-elles de réduire drastiquement la consommation d'énergie comme le laissent présager les expériences en laboratoire ? « *La question énergétique est intimement liée à celle de la quantité d'eau utilisée pour cultiver les* ▸

PROCÉDÉ DE FABRICATION

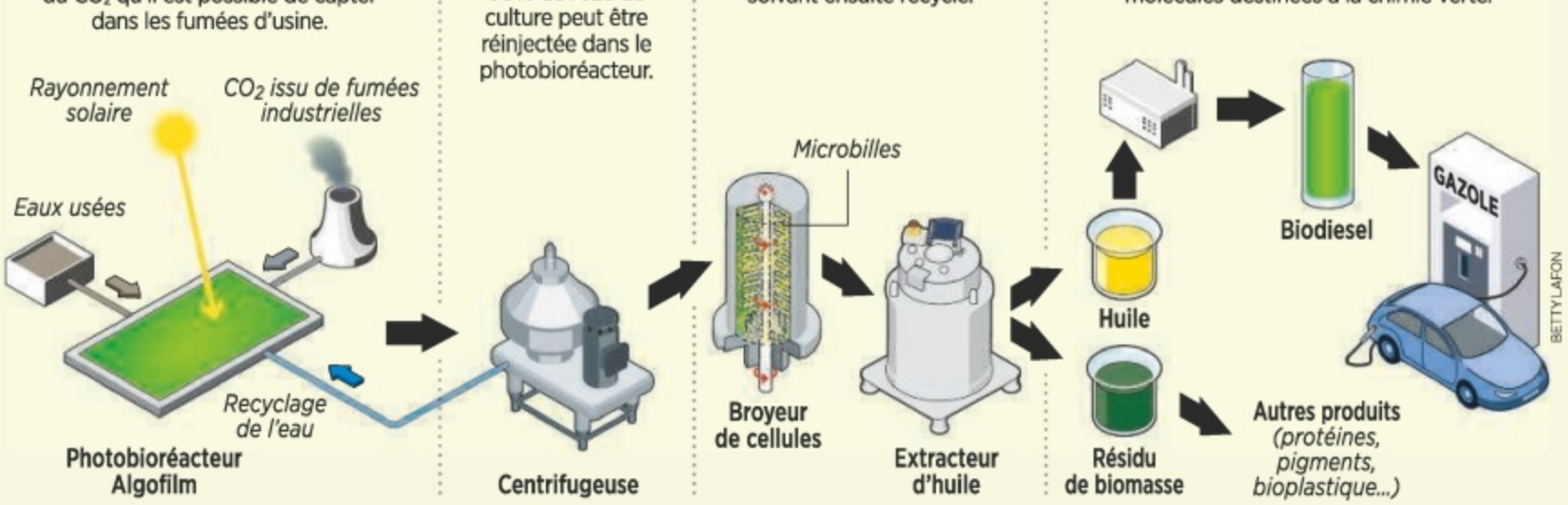
Du photobioréacteur à la station-service

CULTURE
Les microalgues sont cultivées dans un photobioréacteur. Pour leur photosynthèse, elles consomment des nutriments que l'on trouve notamment dans les eaux usées et du CO_2 qu'il est possible de capter dans les fumées d'usine.

RÉCOLTE
Le séchage des algues peut s'effectuer par centrifugation ou par filtration. 80 % de l'eau de culture peut être réinjectée dans le photobioréacteur.

EXTRACTION
Les algues sont alors broyées par des microbilles et libèrent de l'huile. Cette dernière est extraite à l'aide d'un solvant ensuite recyclé.

RAFFINAGE
L'huile ainsi obtenue est transformée en biodiesel dans une usine chimique avant d'être mélangée au gazole. Les résidus de biomasse sont traités pour en extraire des pigments, des protéines mais aussi des molécules destinées à la chimie verte.



algues », souligne le chercheur. Quelle que soit la technique de culture employée — en bassin ouvert ou dans des enceintes fermées et régulées appelées photobioréacteur —, l'eau dans laquelle les algues sont en suspension doit être pompée pour alimenter le dispositif et continuellement brassée pour assurer un maximum d'exposition des micro-organismes à la lumière. Sa température doit aussi être régulée dans le cas des photobioréacteurs qui, exposés au soleil, peuvent surchauffer au-delà de la température supportée par les algues (environ 35 °C). Autant d'opérations très coûteuses en énergie. Le Gepea a donc mis au point une nouvelle génération de photobioréacteur (Algofilm) contenant seulement deux millimètres d'eau, contre 10 centimètres pour un réacteur classique et une trentaine pour un bassin ouvert. *« Une approche qui permet de réduire fortement la consommation énergétique »*, affirme Jérémy Pruvost. Plus besoin non plus de sécher complètement les algues après la récolte, une opération elle aussi très gourmande en énergie. *« Nous avons développé un procédé d'extraction de l'huile en milieu humide »*, explique Luc Marchal, chercheur au Gepea. À la sortie du réacteur, seule une partie de l'eau est retirée pour être recyclée. La biomasse encore humide est ensuite broyée puis les lipides extraits à l'aide d'un solvant, lui aussi recyclé après utilisation *(voir schéma ci-dessus)*.

> « [Pour économiser l'énergie] nous avons développé un procédé d'extraction de l'huile en milieu humide »
> **Luc Marchal,** chercheur au Gepea

Des composés à haute valeur ajoutée

Si le bilan énergétique de ce nouveau procédé se révèle positif, se posera ensuite la question de sa rentabilité. *« Celle-ci ne viendra pas forcément du biocarburant lui-même »*, confie Jack Legrand. Les microalgues produisent en effet d'autres composés, certains à haute valeur ajoutée comme des pigments que les industries pharmaceutique et cosmétique achètent plusieurs centaines d'euros le kilo. *« Lorsqu'on a retiré l'huile, il reste environ 40 % de biomasse de laquelle on peut extraire ces molécules. Il faut maintenant trouver la meilleure façon de les séparer pour les valoriser »*, analyse Luc Marchal. Cette étape, appelée bioraffinage, sera donc l'une des clés de la viabilité économique de ces nouveaux biocarburants. L'utilisation de matière première recyclée pourra aussi faire baisser les coûts tout en améliorant le bilan environnemental. Les nutriments dont se nourrissent les algues peuvent ainsi être apportés par des eaux usées, et le dioxyde de carbone qu'elles consomment pour leur photosynthèse pourrait être capté dans les fumées d'usines ou de centrales thermiques. Autant d'options qui seront testées sur la plate-forme. L'or vert tiendra-t-il ses promesses ? Pour le savoir, rendez-vous dans cinq ans. ■

Audrey Boehly

BRUCE WATSON, RENSSELAER

Les vieilles roches des Jack Hills (Australie) ont été étudiées au magnétomètre.

Très ancien champ magnétique terrestre

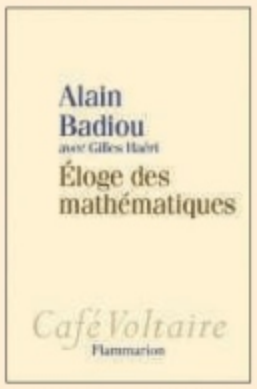
Des minéraux appelés zircons ont conservé sa trace et révélé qu'il remonte à 4 milliards d'années, 1 milliard de plus qu'estimé jusque-là.

Le champ magnétique de la Terre prend un coup de vieux d'un milliard d'années ! Il existait déjà il y a 4 milliards d'années, soit à peine 500 millions d'années après la formation du Soleil et de son cortège planétaire, et non 3 milliards, comme on l'estimait jusqu'à présent. Un résultat obtenu par une équipe de l'université de Rochester dans l'État de New York (États-Unis) et publié dans la revue *Science*.

Il implique en effet que notre planète a connu très jeune une des conditions indispensables au développement de la vie : la possession d'un champ qui dévie les particules très énergétiques du Soleil. Et si les scientifiques le découvrent seulement aujourd'hui, c'est qu'explorer le passé de la Terre relève du défi. Il faut retrouver des minéraux anciens ayant gardé la mémoire des événements. En raison de la tectonique des plaques, seules quelques formations ont subsisté, dont les fameuses roches des Jack Hills dans l'ouest de l'Australie, datant de plus de 4 milliards d'années. Au sein de ces cailloux, il a fallu traquer le zircon (silicate de zirconium), très résistant aux variations de température. Quand ces minéraux se sont formés, ils ont incorporé des particules ferreuses, qui se sont aussitôt orientées le long du champ magnétique ambiant de l'époque, comme une aiguille aimantée. Une orientation qui a été conservée grâce à la résistance du zircon et dont l'équipe a pu déceler le signal grâce à un magnétomètre ultrasensible. Les deux échantillons les plus anciens indiquent même que le champ magnétique existait déjà il y a 4,2 milliards d'années ! Cette étude est d'autant plus importante qu'elle permet de comprendre comment notre jeune planète a pu devenir accueillante pour la vie. ■ **Azar Khalatbari**

Livres/DVD
Sciences fondamentales

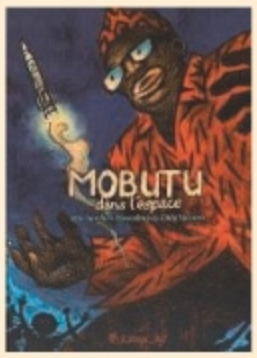
Éloge des mathématiques



Alain Badiou avec Gilles Haéri, Flammarion, 144 p., 12 €

C'est un petit livre simple et érudit. Le philosophe Alain Badiou y explique pourquoi les mathématiques constituent un modèle de pensée pour qui cherche la vérité : cette « *concentration de pensée pure* » est le seul processus intellectuel qui « *tient tout seul* », sans besoin d'emprunter à d'autres disciplines. Il prône l'enseignement conjoint des maths et de la philo dès la dernière année de l'école maternelle, « *âge où l'on fait bon usage de la métaphysique de l'infini et de la théorie des nombres* ». ■ **A. Kh.**

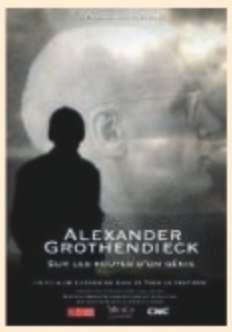
BD
Mobutu dans l'espace



Aurélien Ducoudray et Eddy Vaccaro, Futuropolis, 112 p., 18 €

L'histoire est savoureuse mais peu connue : en 1978, le président et dictateur du Zaïre décide de lancer un programme spatial. Il embauche pour cela quelques ingénieurs européens. Après une série d'échecs, deux ans plus tard, le programme est abandonné. Totalement ubuesque, ce projet se devait d'être raconté et les deux auteurs s'en donnent à cœur joie. Un scénario malin mis en images par un trait charbonneux et très expressif. Si l'épopée spatiale zaïroise fut un désastre, son évocation en bande dessinée est, elle, des plus réussie. ■ **Hervé Ratel**

DVD
Alexander Grothendieck
Sur les routes d'un génie



Catherine Aira et Yves Le Pestipon, K production, 106 min, 20 €

Ce film a été réalisé en 2013, un an avant la mort d'Alexander Grothendieck. Les réalisateurs partent à la recherche du célèbre mathématicien d'origine russe dans un village de l'Ariège au pied des Pyrénées, en reconstituant son parcours à la fois exceptionnel et émouvant : ses travaux novateurs, la rupture avec ses pairs, son engagement écologique et enfin sa quête mystique. Une très bonne introduction à la compréhension d'un scientifique hors norme et fascinant. ■ **Isabelle Do O'Gomes**

Et Osiris surgit des eaux...

Dans la baie d'Aboukir, en Égypte, un archéologue français a retrouvé sous la mer d'exceptionnels vestiges, traces d'un rituel initiatique qui célébrait chaque année la renaissance du dieu des Morts. Statues divines et objets de culte sont aujourd'hui exposés à Paris.

Par Bernadette Arnaud

Cette statuette d'Osiris du VI^e^-V^e^ siècle avant notre ère, trouvée avec une barque votive, témoignent du culte célébré dans l'antique cité de Thônis-Héracléion, désormais engloutie.

AU MILIEU DE BRASSÉES DE LYS ET DE NYMPHÉAS BLANCS, d'entêtantes vapeurs d'encens s'élèvent vers le ciel. Une longue barque glisse sur les eaux sombres du canal, emportant à son bord les grands prêtres de Thônis (*ouab*, « les purs ») en habits rituels. À la proue, fendant l'aube brumeuse, apparaît Pharaon, aux côtés d'une statue de glaise recouverte de bandelettes dont seul émerge un pénis formé d'épis germés. C'est Osiris, le dieu de la Mort et de la Renaissance, qui, comme chaque année, rejoint ainsi en secret son tombeau dans le petit matin frileux d'octobre (*khoiak*)... Voilà à quoi pouvaient ressembler les Mystères d'Osiris, l'une des plus énigmatiques cérémonies de l'Égypte ancienne, du moins à en croire les sources antiques... et désormais les vestiges archéologiques ! Le Français Franck Goddio, de l'Institut européen d'archéologie sous-marine (IEASM), est en effet le premier à avoir remonté des eaux de la baie d'Aboukir (Égypte) les preuves matérielles de ce fascinant rituel religieux. Statues monumentales, délicates têtes de prêtre en granit noir, épaves, sculptures du puissant dieu des Morts... Ces objets exceptionnels gisaient sous le limon à 6 mètres de fond depuis 2000 ans, à l'emplacement des anciens ports de Thônis-Héracléion et Canope, détruits par des séismes et tsunamis successifs. Et ce sont 290 d'entre eux qui seront exceptionnellement présentés au public à l'Institut du monde arabe (Ima), à Paris, à partir du 8 septembre*.

Œil d'Horus, amulette d'époque ptolémaïque trouvée parmi les vestiges. Le dieu-faucon Horus est le fils d'Osiris.

Ces découvertes ont été accomplies dans le cadre d'un vaste projet de prospection électromagnétique et de cartographie de la baie d'Aboukir, commencé en 1997 à 30 kilomètres au nord d'Alexandrie. Il a permis de détecter, sous d'épaisses couches de sédiments, les cités anéanties de Thônis-Héracléion et de Canope, dont les historiens n'avaient jusqu'alors que des traces écrites. *« Grâce à une stèle, dite du Décret de Canope, exhumée en 1881 à Kôm el-Hisn, les égyptologues savaient que les "Mystères d'Osiris" étaient célébrés dans le grand temple d'Amon-Géreb, dans une ville nommée*

PHOTOS : CHRISTOPH GERIGK / FRANCK GODDIO / HILTI FOUNDATION

Héracléion », explique aujourd'hui Franck Goddio. Des cérémonies d'une importance extrême. Dans la mythologie égyptienne, Osiris, fils de la Terre et du Ciel, tenait en effet une place privilégiée. Assassiné et démembré par son irascible et jaloux frère Seth, il est ramené à la vie par sa sœur-épouse Isis qui récupère les quatorze morceaux de son corps jetés dans les eaux du Nil, à l'exception du phallus — avalé par un poisson oxyrhynque. Ces cérémonies — en partie initiatiques et secrètes — avaient pour but de célébrer cette régénération. « *Au Ier millénaire avant notre ère, et plus encore à l'époque gréco-romaine, les croyances osiriennes, déjà très populaires, sont devenues hégémoniques dans la religion égyptienne* », explique le célèbre égyptologue Pascal Vernus, directeur d'études émérite de l'École pratique des hautes études à Paris *(lire l'interview p. 56)*. Un mythe que Franck Goddio a fait ressurgir des profondeurs.

BETTY LAFON

VALERIO VINCENZO

3 QUESTIONS À

PASCAL VERNUS
ÉGYPTOLOGUE, IVe SECTION DE L'ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES (EPHE), PARIS

Les Mystères égyptiens alliaient secret et initiation

En quoi les découvertes effectuées dans la baie d'Aboukir sont-elles exceptionnelles ?
Elles portent sur deux villes englouties, connues par des écrits antiques mais dont on avait perdu toute trace et que l'on a ainsi pu localiser en retrouvant des vestiges submergés. Surtout, par sa maîtrise de techniques très sophistiquées, Franck Goddio est parvenu non seulement à extraire des flots nombre de monuments, mais à livrer une reconstitution très détaillée de Thônis-Héracléion, une importante cité qui commandait la principale voie d'accès à l'Égypte par la mer.

Y a-t-il un lien entre les Mystères d'Osiris égyptiens et ceux d'Éleusis célébrés par les Grecs ?
Les Grecs avaient effectivement des cérémonies cultuelles ésotériques organisées périodiquement dans le temple de Déméter, à Éleusis (Grèce), célébrant le mythe de cette divinité partie à la recherche de sa fille Perséphone dans le monde souterrain des morts. C'est par transposition à l'Égypte que l'on parle des Mystères d'Osiris, à la suite des travaux des égyptologues Heinrich Brugsch et Émile Chassinat, comme l'historien grec Hérodote l'avait déjà fait au Ve siècle avant J.-C. après sa visite sur les bords du Nil. Cette transposition n'est pas totalement injustifiée. On retrouve la notion de résurrection, avec le symbolisme de la germination des plantes ; celle de l'initiation et du secret, d'où l'emploi du terme « mystère ». Par ailleurs, les Grecs, toujours soucieux de trouver dans l'Égypte pharaonique l'origine de leur civilisation, avaient eux-mêmes émis l'hypothèse que les Mystères d'Éleusis avaient été introduits en Grèce depuis l'Égypte.

Certains ont voulu voir dans cette cérémonie les origines de l'alchimie. Qu'en pensez-vous ?
Ce n'est pas exact. La « terre noire du Nil », qui jouait un rôle très important dans ces Mystères, se dit *kemet* en égyptien. Or le mot alchimie vient de l'égyptien *kemyt* — préfixé de l'article arabe *al* — qui veut dire « la somme » (des connaissances). Ce sont donc deux homophones, mais leur racine est différente, même s'ils peuvent être écrits de la même façon.

C'est en 2001, voici plus d'une décennie, que les premières prospections sous-marines mènent à la découverte du temple d'Amon-Géreb évoqué par l'historien grec Hérodote (Ve siècle avant J.-C.), et identifié par un *naos* (chapelle) de granit rose. Depuis, les découvertes se sont succédé. À 1,80 mètre sous la vase, les plongeurs dégagent une magnifique épave de 10 mètres de long en bois de sycomore ainsi que de très nombreuses petites barques votives en plomb, un métal mort pour les anciens Égyptiens : certaines sont intactes, d'autres ont été volontairement tordues.

Le relevé des découvertes a révélé un parcours secret

Les archéologues remontent également 119 louches en bronze, appelées les « grandes mélangeuses », utilisées par les prêtres lors de la célébration des Mystères qui se déroulaient du 12 au 30 du mois de *khoiak* (mi-octobre à mi-novembre), au moment où les eaux de la crue du Nil se retiraient, permettant la germination des plantes dans les terres qu'elles avaient enrichies. Mais c'est en reportant chaque jour l'emplacement de ces objets sur des plans que Franck Goddio comprend qu'ils balisent… un parcours secret ! Ils s'étendent en effet le long de ce qui semble être un canal de 30 mètres de large et de près de 3,5 kilomètres de long qui reliait entre elles les villes de Thônis-Héracléion et de Canope. Un canal que seuls les prêtres et le principal officiant, Pharaon, étaient habilités à emprunter tous les ans lors de la célébration, pour transporter les effigies d'Osiris depuis le temple d'Amon-Géreb d'Héracléion.
Deux statues y étaient en effet vénérées : « Osiris végétant » (Khenty-Imenty), modelée dans le limon noir du Nil et saupoudrée de grains d'orge germés, illustrant ainsi le renouveau de la nature ; et « Osiris Sokar » (ou Sokaris), pétri dans le limon mêlé à de la résine et des pierres précieuses broyées. Chacune de ces confections obéissait à un protocole très codifié décrit dans ses moindres détails sur l'un des murs des chapelles osiriennes du lointain sanctuaire de Denderah *(lire l'encadré)*, un vaste complexe religieux situé à 65 kilomètres de Louxor. Le moment crucial du rituel se déroulait en effet le 21 de *khoiak*, quand l'« Osiris végétant » était extrait des deux demi-moules en or de sa « cuve-jardin » — le récipient dans lequel ses graines étaient mises à germer — pour être séché au soleil avant d'être transformé en momie à l'aide de

Cette statue de gneiss de la XXVIe dynastie conservée au musée du Caire symbolise le retour d'Osiris à la vie.

Volontairement tordue, cette barque votive est façonnée en plomb, métal mort pour les Égyptiens.

Dans les mains d'un plongeur, une statuette de pharaon en bronze découverte dans la zone du temple d'Amon Géreb à Thônis-Héracléion.

PHOTOS : CHRISTOPH GERIGK

Ces louches en bronze appelées « grandes mélangeuses » étaient utilisées par les prêtres lors des cérémonies.

Durant les mystères d'Osiris étaient confectionnées deux statuettes du dieu emmailloté, l'une dite Osiris végétant, l'autre Osiris Sokar, comme celle-ci conservée au Musée du Caire.

bandelettes. On lui rajoutait également un phallus germé.

« Ces cérémonies tenaient une place dominante dans les croyances religieuses, parce qu'elles donnaient une réponse jugée satisfaisante à l'angoisse de l'homme devant la mort Elles exprimaient par un symbolisme très accessible — la germination — que la mort, loin d'être nécessairement une fin absolue, pouvait être comprise comme faisant partie d'un cycle naturel : naissance, déclin, régénération et renaissance. »

Une procession nautique commençait alors sur le canal sacré qui reliait le grand temple d'Héracléion au sérapéum de la ville de Canope. Là, les effigies d'Osiris étaient inhumées dans le sanctuaire de Sérapis, fusion d'Osiris et d'Apis, l'un des avatars de la divinité. Selon les spécialistes *(lire l'interview page 56)*, les Mystères d'Éleusis des Grecs et plus tard des Romains pourraient bien plonger leurs racines dans ce grand culte égyptien d'Osiris. Un mythe rejoint par la réalité. En effet, ironie de l'histoire, au IIe siècle de notre ère, l'empereur romain Hadrien, venu célébrer ces mystères en Égypte (pays alors sous la domination de Rome), devait voir tragiquement disparaître son favori Antinoüs. Tel Osiris, l'éphèbe de vingt ans se noya dans les eaux du Nil.

@NarudaaArnaud

TEMPLE

Denderah et le rituel osirien

Sur le toit de l'édifice principal du site de Denderah — un bâtiment consacré au culte d'une divinité locale —, à 60 kilomètres de Louxor, six chapelles ont été rajoutées, entièrement dévolues à l'expression de la théologie d'Osiris. La première comporte une longue inscription de 159 colonnes, contenant sept traités relatifs au rituel osirien du mois de *khoiak*, avec, entre autres, des descriptions très détaillées de la confection de l'effigie de l'« Osiris végétant » et de l'effigie de l'« Osiris Sokar ». Un témoignage précieux pour les égyptologues, qui ont pu ainsi lever un coin de voile sur ces mystères.

* « Osiris, les mystères engloutis d'Égypte », exposition à l'Institut du monde arabe, à Paris, du 8 septembre 2015 au 31 janvier 2016.

L'agriculture, 23 000 ans déjà !

L'orge et le blé ont été cultivés par une petite communauté près du lac de Tibériade, en Israël, 11 000 ans avant la « révolution du néolithique ».

Cultiver des plantes comestibles, moudre le grain pour en faire de la farine... Ces gestes auraient été accomplis pour la première fois sur les rives du lac de Tibériade (Israël) il y a 23 000 ans, et non 12 000 ans comme le pensaient jusqu'alors les spécialistes. Un bond spectaculaire qui, s'il était confirmé, obligerait à réécrire l'histoire de l'humanité !

Le Croissant fertile a toujours été considéré comme le berceau de la civilisation. C'est en effet là, entre Turquie, Syrie, Irak et Israël actuels, que les chasseurs-cueilleurs préhistoriques se seraient sédentarisés et où seraient apparues, il y a environ 12 000 ans, les premières communautés agricoles du monde. Des bouleversements que les scientifiques appellent la « révolution néolithique ». Mais en étudiant les vestiges issus du site d'Ohalo II, un ancien campement paléolithique dégagé à la suite d'une baisse du niveau des eaux du lac de Tibériade, des archéologues et des botanistes des universités de Bar-Ilan, Haïfa, Tel-Aviv et Ben-Gourion (Israël), associés à des chercheurs de Harvard (États-Unis), ont découvert des vestiges d'orge et de blé cultivés dès -23 000 ans.

Après plusieurs campagnes de fouilles, les chercheurs ont mis au jour six abris, des sépultures, des parures de coquillages, des lames de faucille — parmi les plus anciennes jamais retrouvées — mais surtout les vestiges de nombreuses plantes alimentaires dans un état exceptionnel de conservation. Cent quarante espèces de végétaux ont été identifiées parmi des milliers de restes végétaux précieusement scellés par les sédiments lacustres. Y figuraient en particulier de nombreuses graines d'amidonnier sauvage (un ancêtre du blé, *Triticum*), de l'avoine et de l'orge. Avec ces céréales, se trouvaient aussi treize « *proto-mauvaises herbes* », ces plantes adventices ancêtres des mauvaises herbes actuelles, lesquelles ont pour particularité de prospérer uniquement dans des champs cultivés.

▲ **Vestiges d'orge découverts à Ohalo II. Le premier appartient à une plante sauvage, le second à une plante cultivée.**

2015, SNIR ET AL. - SIMON FRASER/SPL/BIOSPHOTO

Le vrai essor de l'agriculture serait bien plus récent

Cela signifie-t-il pour autant que l'agriculture a vraiment débuté à cette date très ancienne ? « *Ce qui a été découvert à Ohalo II est pour l'instant unique. Il s'agit des toutes premières tentatives de cultures par une petite communauté* », précise Georges Willcox, archéobotaniste, directeur de recherche au CNRS (Archéorient), spécialiste des restes végétaux du début du néolithique (-11 500 ans). L'agriculture à grande échelle, comme on pourra la voir au Moyen-Orient, se serait développée bien plus tard, il y a environ 11 000 ans. Avec l'élevage, cette invention a modifié tous les comportements humains et a constitué un des événements majeurs de l'Histoire. Quand, pour la première fois, l'homme a entrepris de transformer la nature. ■

Bernadette Arnaud
@NarudaaArnaud

Martin Gusinde, éditions Xavier Barral, 300 p., 60 €

L'Esprit des hommes de la Terre de Feu

La vie des amoureux des livres est heureusement jalonnée de lumineuses découvertes. Ainsi de l'élégant volume consacré aux photos de l'Allemand Martin Gusinde, parti au Chili comme missionnaire et devenu ethnologue à la suite de ses voyages en Terre de Feu. Lors de quatre séjours effectués entre 1918 et 1924, il partage le quotidien des Selk'nam, des Yamana et des Kawésqar, peuples mal connus et déjà menacés de disparition. Fasciné par leur identité, il entreprend d'étudier leurs coutumes, apprend le maniement d'une chambre photographique et a le privilège absolu d'assister à un rite d'initiation Selk'nam, le « Hain ». Il rapportera de son expérience plus d'un millier d'images. Les deux cent trente rassemblées ici (exposées aux Rencontres d'Arles jusqu'au 20 septembre), en grande partie des portraits d'une saisissante intensité d'hommes et de femmes parés pour des rituels, incarnent la puissance de l'univers spirituel de ces peuples. Ajoutons que l'éditeur, engagé dans le projet de numérisation des négatifs de Gusinde, a su faire alliance avec des historiennes, ethnologues et anthropologues, dont les contributions ajoutent à l'épaisseur d'un témoignage déjà magnifique. ■ **Andreina De Bei**

DVD

LES GÉNIES DE LA GROTTE CHAUVET

Christian Tran, Quark et Arte Poduction, 52 min, 15 €

La découverte en 1994 de ce site préhistorique a remis en question les théories sur les débuts de l'art. Pour l'appréhender, le réalisateur fait dialoguer scientifiques et artistes, dont le plasticien Miquel Barceló. 36 000 ans avant notre ère, les hommes maîtrisaient déjà des techniques artistiques très élaborées : l'art ne progresse pas avec le temps. Une belle leçon d'humilité. ■ **I. do'O.**

SEPT GÉNÉRATIONS D'EXÉCUTEURS. MÉMOIRES DES SANSON

Présentés par François-Henri Désérable, Perrin, coll. Tempus, 9 €

Pendant près de deux siècles, leur nom a fait trembler les condamnés à mort des prisons françaises : les Sanson, « exécuteurs des hautes œuvres » de père en fils. Ces mémoires, rédigés (ou du moins dirigés) par le dernier d'entre eux au XIXe siècle, reviennent sur les plus grandes condamnations de l'histoire, de Damiens à Marie-Antoinette ou Danton. Les bourreaux aussi sont parfois sensibles... ■ **C. C.**

L'AFFAIRE DES POISONS

Claude Quétel, Tallandier, Texto, 315 p., 10 €

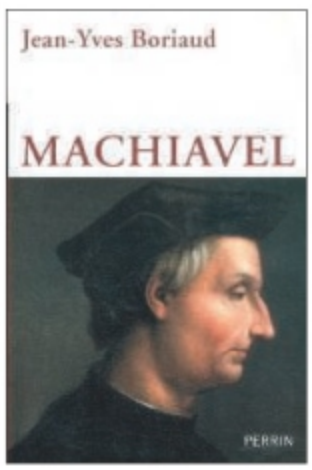
Brinvilliers, Voisin, Montespan... Autant de noms célèbres mêlés à des scandales qui secouèrent la cour du Roi-Soleil entre 1678 et 1682. Avec ses crimes et ses cas de sorcellerie, l'affaire des Poisons fut surtout à l'origine d'une des plus grandes enquêtes de police du règne de Louis XIV. L'auteur revient sur cette histoire trouble, à travers les archives auxquelles il a eu accès. ■ **B. A.**

Le Sourire d'Omphale

Véronique Dasen, Presses universitaires de Rennes, 404 p., 22 €

Cet ouvrage revient sur un domaine qui a été peu exploité par les historiens. Celui des études sur la maternité, la naissance et la petite enfance dans le monde grec et romain. Des histoires sur le corps des femmes tel qu'il était perçu dans l'Antiquité. Professeure d'histoire de l'art à l'université de Fribourg (Suisse), Véronique Dasen n'a cessé de creuser ce sillon, apportant un éclairage nouveau sur le statut des enfants à naître et des nourrissons ainsi que des rites et pratiques. Des amulettes, gemmes et intailles magiques se rapportant à la protection de la vie utérine et à la procréation aux savoirs « médicaux », le *Sourire d'Omphale* montre comment les femmes assuraient finalement le contrôle de leur corps. Car Véronique Dasen bat en brèche les idées reçues, montrant que ce sont bien les femmes — et non le *pater familias* — qui exerçaient, sous le regard des Parques, le pouvoir de vie et de mort sur le corps des nouveau-nés. Un livre à la croisée de l'histoire de la médecine, de la sexualité, du genre et des représentations. ■ **Bernadette Arnaud**

Machiavel



Jean-Yves Boriaud, Perrin, 359 p., 22,90 €

« Comment un fonctionnaire de rang moyen, à qui jamais ne fut confié de poste vraiment décisionnel, réussit-il à porter sur le monde chaotique auquel il avait affaire un regard doté d'une universalité suffisante pour entrer dans l'histoire générale de la pensée politique ? », s'interroge dès le prologue l'auteur de cette passionnante biographie (prix Provins-Moyen Âge 2015). Il détaille l'œuvre magistrale, à l'aura universelle, de Niccolò Machiavelli et sa légende noire, ainsi que la vie de ce Florentin devenu diplomate, qui connut toutes les cours d'Europe et toutes les guerres. Après avoir été emprisonné, torturé et exilé par les Médicis, Machiavel publie en 1513 un traité, intitulé *le Prince*, avec pour modèle César Borgia. Pour la première fois dans l'histoire de la pensée occidentale, il stipulait qu'en matière de politique, l'efficacité précédait la morale... D'où le qualificatif de « machiavélique », emblématique mais stéréotypé, qui est aujourd'hui synonyme de cynisme et d'absence de scrupules... alors que ce penseur profondément pessimiste ne souhaitait répéter à l'envi qu'une chose : *« Les hommes ne sont pas bons. »* ■ **B. A.**

La chasse aux tueurs de végétaux s'intensifie

Alors que la bactérie « tueuse d'oliviers » a été retrouvée en Corse cet été, les contrôles se multiplient pour détecter tout organisme qui menacerait la production agricole française. Reportage à l'aéroport de Roissy avec des inspecteurs du ministère de l'Agriculture.

Par Loïc Chauveau

L'ENNEMI EST INVISIBLE. Dissimulé au sein de milliers de fruits, terré dans des boutures, enkysté dans le bois des palettes. Bactéries, champignons et insectes, encore inconnus sur les terres européennes, utilisent mille et un moyens pour entrer sur le continent par bateau, avion ou camion. Parmi eux, il n'y a pas que *Xylella*, la bactérie « tueuse d'oliviers » dont des souches ont été retrouvées en Corse en juillet dernier *(lire l'encadré p. 62)*, qui soit pathogène. Plusieurs centaines d'autres organismes dangereux pour l'agriculture et la forêt profitent des voies commerciales mondiales pour s'implanter dans des zones favorables à leur expansion. En France, près de 200 fonctionnaires agronomes les attendent de pied ferme dans les ports et aéroports, affectés aux 32 « points d'entrée communautaires » (PEC) que comptent la métropole et les départements d'outre-mer *(voir carte p. 63)*. Armés… d'un simple couteau, d'un microscope et d'une loupe.

En ce matin d'été, le programme d'Élodie Vanel, l'une des neuf agents du Service d'inspection vétérinaire et phytosanitaire aux frontières (Sivep) à l'aéroport de Roissy Charles-de-Gaulle, est chargé. Les palettes de concombres amers, les cartons de boutures de prunus, les sacs de graines de maïs sont débarqués des soutes des avions par centaines pour être acheminés directement devant un petit local perdu au sein d'immenses entrepôts. C'est l'heure de l'inspection. Élodie Vanel a le pouvoir de faire admettre sur le territoire ou d'ordonner la destruction des milliers de kilos de produits agricoles qui transitent chaque jour sur le tarmac. Avec pour alliés les plus efficaces son regard et son flair affûtés par des années d'expérience. À l'aide de son Opinel — seul objet coupant toléré dans cette zone placée sous très haute surveillance —, elle taille dans les fruits, prélève une branche ou déchire l'adhésif d'un carton.

Un échantillonnage fondé sur une loi statistique

Ces prélèvements se font selon un échantillonnage fondé sur une loi statistique dite binomiale : ainsi, pour obtenir un niveau de confiance de 99 % dans la salubrité d'un lot de 100 000 fruits, 300 d'entre eux doivent être systématiquement inspectés. Un travail long et minutieux. « *Nous les choisissons de façon aléatoire au sein des cartons et procédons à un examen visuel, aidés le cas échéant d'une loupe* », explique l'experte. Ce qu'elle recherche ? Des petites piqûres noires qui, sur la peau des mangues par exemple, trahissent le lieu de ponte des thrips, ces minuscules mouches de 1 à 2 millimètres. En Europe, elles sont noires et on les voit danser en nuages épais les jours d'orage. Celles qui viennent d'Afrique sont jaunes, et le Sivep craint qu'elles ne s'adaptent au climat européen, notamment en raison du réchauffement climatique. Si jamais elles parvenaient à s'implanter, leurs ravages sur les légumes et fruits d'été auraient des conséquences économiques considérables. « *Un seul fruit infecté, et tout le lot part à la destruction* », poursuit la jeune titulaire d'une licence professionnelle en agriculture. À côté d'elle justement, 1 300 kilos de mangues vont prendre le chemin de l'incinérateur voisin

50 000 contrôles par an en France

Environ 1 000 refus d'entrée sur le territoire national.

De 20 à 40 %

La chute de la production agricole mondiale tous les ans à cause des organismes nuisibles et des maladies, selon le secrétariat de la Convention internationale pour la protection des végétaux.

1000 milliards d'euros

C'est la valeur des produits agricoles et végétaux qui sont échangés tous les ans dans le monde. Il s'agit à 82 % de denrées alimentaires.

Élodie Vanel, du Service d'inspection vétérinaire et phytosanitaire aux frontières de Roissy, contrôle un lot de mangues provenant de République dominicaine.

Des taches sur la peau trahissent la présence de larves (en haut à gauche) au sein du fruit.

Au stade adulte, les larves se muent en mouches qui pourraient menacer les vergers européens.

PHOTOS : PATRICIA LATRON / LOOKATSCIENCES POUR SCIENCES ET AVENIR

de Saint-Ouen-l'Aumône (Val d'Oise). Recalé.

Les palettes suivantes passent en revanche l'examen et sont autorisées à entrer sur le territoire national européen. Le PEC de Roissy procède ainsi tous les ans à plus de 10 000 inspections, qui ont conduit en 2014 à 255 ordres de destruction de marchandises. Au niveau national, 50 000 contrôles ont lieu tous les ans pour plus d'un millier de refus d'entrée. Un filet à larges mailles cependant, des lots parvenant à entrer illégalement sur le territoire. *« Ainsi, on trouve sur certains marchés des mangues du Pakistan, qui sont pourtant systématiquement rejetées »*, regrette Julien Gozard, adjoint au chef du poste frontalier de l'aéroport Charles-de-Gaulle.

Les inspecteurs agronomes portent une lourde responsabilité. *« Les organismes que nous traquons peuvent détruire des pans entiers de l'agriculture*, assène Julien Gozard. *Le cas le plus fameux reste celui du phylloxéra, insecte d'origine américaine, qui a totalement ravagé les vignobles européens à la fin du XIXe siècle. »* Depuis, les exemples se sont multipliés. Ainsi, à la sortie de la Seconde Guerre mondiale, le chancre du platane est arrivé des États-Unis sur des planches débarquées dans le port de Marseille. Le frelon asiatique s'est, quant à lui, installé grâce à des plants importés au début du XXIe siècle *via* le port de Bordeaux. Et la multiplication des échanges commerciaux n'a fait qu'augmenter le risque, poussant l'Union européenne à décider, voilà 15 ans, d'une riposte définie par une directive. *« C'est l'Organisme européen de protection des plantes qui décide des plantes porteuses de pathogènes qu'il faut*

GAETANO LO PORTO / AGF EDITORIAL / SIPA

En Italie, des milliers d'oliviers infestés ont été abattus, comme ici à Oria, dans les Pouilles.

En Corse, les zones touchées par « Xylella » se multiplient

Pour l'instant, la bactérie ne s'attaque qu'à une plante ornementale, mais plus de 200 espèces végétales sont menacées.

« Xylella » est là, en Corse, repérée en juillet dernier : à l'heure où nous écrivons ces lignes, 18 cas d'infestation par cette mortifère bactérie ont été repérés. Une catastrophe potentielle, car elle est susceptible de s'attaquer à plus de 200 espèces végétales de 50 familles botaniques. La France tentait pourtant depuis deux décennies de préserver son territoire de ce fléau contre lequel il n'existe aucun remède, surtout depuis 2013, lorsque l'Agence européenne de sécurité des aliments (Efsa) avait reconnu officiellement l'émergence en Italie de *Xylella fastidiosa pauca* qui a d'ores et déjà ravagé 300 000 hectares d'oliviers dans les Pouilles. L'Europe avait même renforcé ses mesures de protection en avril dernier, notamment pour les plants à risque en provenance du continent américain, d'où est originaire la bactérie. Nombre de plantes hôtes potentielles sont en effet vendues en Europe et le moindre greffon, la moindre bouture ou semence infectés sont des agents de propagation. L'importation de caféiers en provenance du Costa Rica et du Honduras avait été prohibée. *« Nous avions de plus intensifié les contrôles chez les 2 000 pépiniéristes de France. C'est ainsi que nous avons saisi en février des caféiers infectés »*, raconte Emmanuelle Soubeyran, au Service des actions sanitaires du ministère de l'Agriculture. Le point d'entrée en Europe ? L'aéroport de Schiphol à Amsterdam. En Corse, c'est la sous-espèce *X. f. multiplex* qui se propage désormais. Les premières investigations ont montré que les arbustes infectés proviennent d'un pépiniériste de Toscane (Italie). Mais l'importation remonte à 2010, alors qu'aucune interdiction de commercialisation n'était en place, ce qui rend difficile la recherche des origines de la contamination. De même, aucun spécialiste ne peut expliquer pourquoi, en Corse, *multiplex* affecte uniquement les polygales à feuilles de myrte, un arbuste ornemental, et non les oliviers, lauriers et mandariniers comme elle le fait outre-Atlantique. *« Xylella étant d'origine américaine, on ne sait pas ce que va donner sa rencontre avec les végétaux européens »*, note le ministère de l'Agriculture. Celui-ci vient de demander aux 200 fonctionnaires des PEC de renforcer encore les contrôles. Plus de 200 plantes sont interdites d'importation en Corse.

contrôler, et les méthodes de détection sont les mêmes pour les PEC des 28 États membres », précise Julien Gozard. Plantes en pots, boutures, semences, bois, fruits, légumes et fleurs coupées... La diversité des formes végétales à l'importation complique les examens. *« Ce sont les boutures et greffons qui sont les plus difficiles à inspecter »*, reconnaît Élodie Vanel. Et l'activité suit les saisons, avec deux pics d'importations : celui du printemps, avec l'arrivée des mangues d'Afrique et les échanges mondiaux de semences ; celui de décembre, avec la commercialisation des fruits provenant de l'hémisphère Sud. L'orange d'Afrique du Sud est ainsi particulièrement surveillée car potentiellement porteuse d'une maladie de la tache noire qui n'existe pas en Europe.

Plus de 250 organismes nuisibles recensés à ce jour

Des connaissances que les inspecteurs doivent remettre continuellement à jour à partir de listes régulièrement rééditées, qui mentionnent à ce jour plus de 250 organismes nuisibles. Ainsi, les plants de pomme de terre provenant notamment d'Égypte sont rigoureusement contrôlés, car presque systématiquement porteurs d'une bactérie ravageuse (*Clavibacter michiganensis*). Celle-ci est également traquée dans la semence de luzerne en provenance d'Amérique du Nord, d'Afrique du Sud et d'Australie. Sans oublier le cas du redoutable capricorne asiatique (*Anoplophora chinensis*), foreur des bois d'érable, bouleau, orme, saule, peuplier, oranger, citronnier, pommier et poirier. En pondant ses œufs dans les planches d'au moins 5 cm d'épaisseur, l'insecte a pu voyager dans le monde entier via les palettes ou les emballages. Il a déjà fait son apparition en France où deux foyers ont été

AVIS DE RECHERCHE

Trois ravageurs sous haute surveillance

SPL/COSMOS

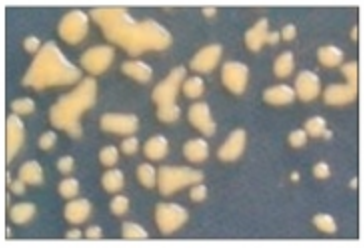
CAPRICORNE ASIATIQUE

(Anoplophora chinensis et glabripennis)

Biologie Les deux espèces de capricornes du genre *Anoplophora* sont originaires d'Asie. Ils effectuent un cycle de vie en un ou deux ans suivant la date de ponte et le climat. Les larves creusent profondément les bois tendres, provoquant la mort des arbres en 3 à 5 ans.

Extension *Anoplophora glabripennis* est présent aux États-Unis depuis 1996, au Canada et ponctuellement en Europe depuis 2000.

Lutte Aucun produit phytosanitaire efficace. Le seul moyen est d'incinérer les arbres atteints.



CORBMI

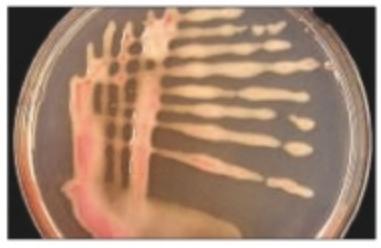
CHANCRE BACTÉRIEN

(Clavibacter michiganensis)

Biologie Cette bactérie est transmissible par les semences et au cours des opérations culturales. Voyageant dans les vaisseaux du xylème, tissu interne des feuilles, elle provoque des flétrissements chez son hôte principal, la tomate.

Extension Originaire d'Amérique du Nord, elle est présente en Asie, en Afrique et en Amérique latine et ponctuellement en Europe (depuis les années 1990).

Lutte Seules les mesures de prophylaxie sont efficaces : utilisation de semences saines et destruction des plants infectés.



UNIVERSITY OF FLORIDA

RALSTONIA SOLANACEARUM

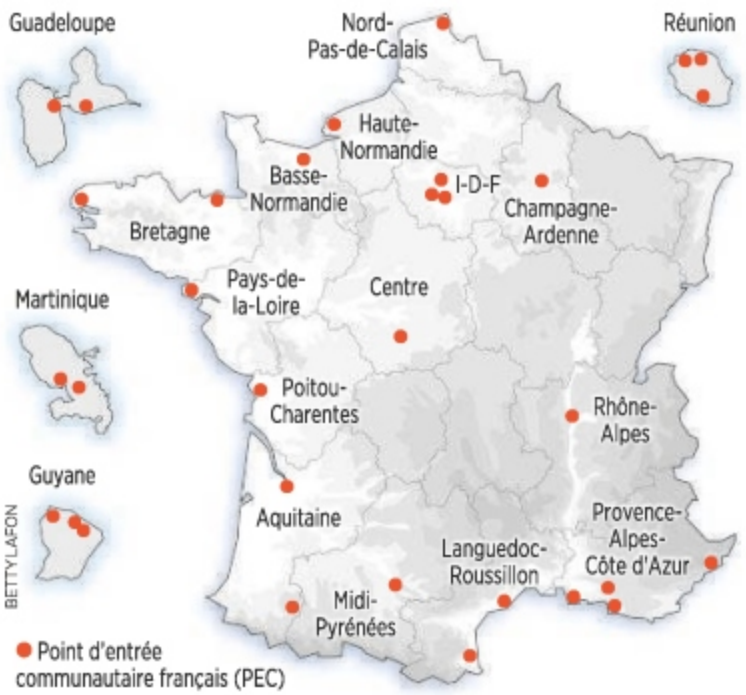
Biologie Cette bactérie est transmise par les sols. Elle est présente dans toute la ceinture tropicale. C'est le principal agent de la pourriture brune de la pomme de terre, tomate, aubergine, poivron, et même du géranium.

Extension *Ralstonia* voyage grâce aux boutures. Une souche tolérante au froid est régulièrement signalée en France dans les années 1990 sur des plants de tomates et de pommes de terre.

Lutte Les produits chimiques sont inefficaces et les fumigations de sol ont un effet faible. La lutte biologique n'en est qu'au tout début des recherches.

détruits en 2003 à Gien (Loiret) et Soyons (Ardèche), un en 2004 à Sainte-Anne-sur-Brivet (Loire-Atlantique) et un en Alsace en 2015. À chaque fois, l'invasion a été arrêtée grâce à la destruction immédiate des arbres touchés et l'instauration d'un périmètre de surveillance autour des zones infectées, à l'aide de chiens dressés à la détection du capricorne sur les arbres.

Pour les agents de Roissy, cela impose la surveillance du moindre bout de bois provenant du Sud-Est asiatique. Les emballages doivent comporter un tampon attestant qu'ils ont reçu un traitement thermique tuant larves et œufs. Les inspecteurs ont tout pouvoir pour saisir, où qu'il soit, n'importe quel objet en bois dépourvu de cette attestation légale. C'est ainsi que Blandine Delbourse, agent à Roissy, s'est emparée le jour de notre visite d'une longue caisse contenant une statue. « *La statue va être remisée dans un autre emballage tandis que celui-ci sera détruit* », précise-t-elle.



32 points d'entrées communautaires (PEC) en métropole et dans les départements d'outre-mer sont les passages obligés des végétaux pénétrant sur le territoire. Quelque 200 fonctionnaires agronomes y procèdent à des contrôles phytosanitaires.

Rappeler à l'ordre les pays exportateurs négligents

En homogénéisant les méthodes, l'Union européenne a instauré une sorte d'auto-surveillance. « *On connaît désormais l'activité de tous les PEC et l'on peut ainsi s'alarmer de constater une baisse des saisies de lots contaminés à tel ou tel endroit, signe d'un défaut de vigilance*, explique Julien Gozard. *De même, on détecte très vite le point d'entrée d'un pathogène, ce qui oblige les services fautifs à corriger leurs pratiques.* » Une réactivité d'autant plus nécessaire que certaines sociétés exportatrices repèrent très vite les ports et aéroports où la surveillance est moins efficace. Même si ce stratagème est vite dépisté en raison du pic brutal d'importations qu'il induit vers ces « maillons faibles ».

À l'inverse, les services de l'Union européenne peuvent rappeler à l'ordre les pays exportateurs présentant une marchandise trop souvent infectée. Récemment, c'est la Thaïlande qui a fait l'objet d'une mise en garde.

Le Sivep fonctionne avec les Douanes. « *Des producteurs pourraient en effet être tentés d'augmenter les doses de pesticides pour présenter des produits indemnes de pathogène*, souffle Julien Gozard. *Mais ce sont alors les limites maximales de résidus de pesticides qui risquent d'être dépassées, les Douanes refusant l'accès au territoire.* » Aussi, les pays exportateurs n'ont-ils théoriquement d'autre choix que d'utiliser des techniques biologiques de lutte contre les ravageurs. L'Opinel, la loupe et le microscope ont ainsi une réelle influence sur l'agriculture mondiale. ■

François Garde, haut fonctionnaire

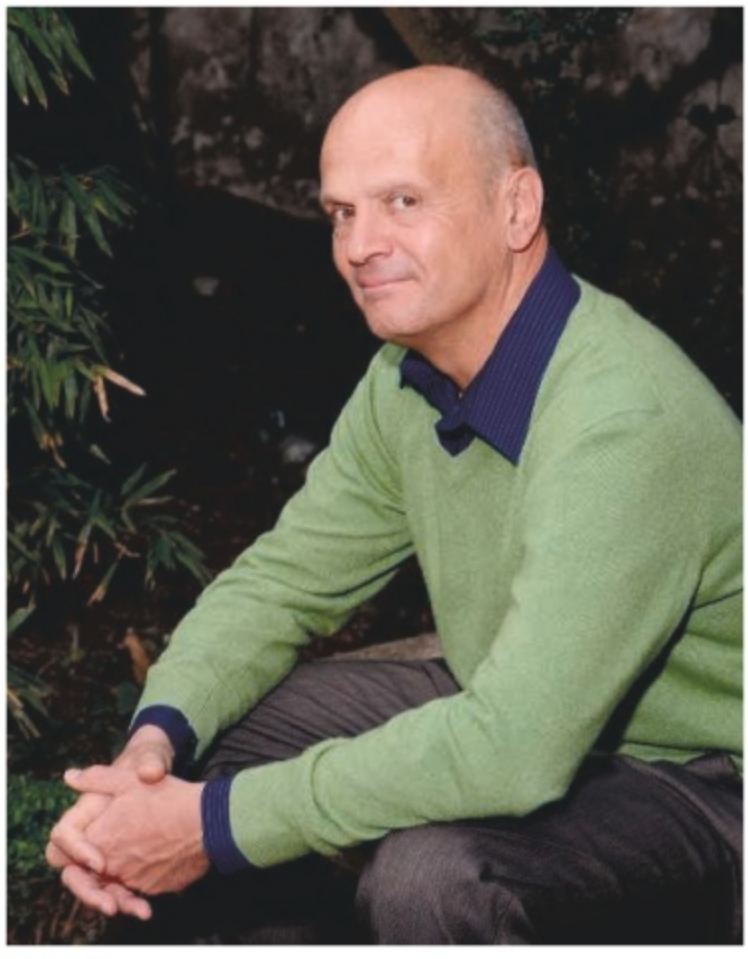
Pour l'amour des antipodes

Autrefois à la tête des Terres australes et antarctiques françaises, cet écrivain hors norme est un fervent défenseur de la biodiversité.

L'HOMME QUI ARRIVE en tirant un peu la jambe a exercé *« le plus beau métier du monde »*. De ceux dont on rêve. Pendant cinq ans, il a arpenté, en tant qu'administrateur supérieur, les Terres australes et antarctiques françaises (Taaf), collectivité créée il y a tout juste soixante ans, ces confettis écrasés par le soleil des tropiques ou hérissés entre les 40es rugissants et les 50es hurlants : l'archipel des Kerguelen, Saint-Pierre-et-Miquelon, Crozet, la terre Adélie, Saint-Paul, Amsterdam, les îles Éparses... La simple évocation de ces noms met déjà l'esprit en vagabondage. Mais en cette journée très parisienne, la foulée de François Garde, d'habitude si leste, est entravée par une entorse. *« C'est mon chien qui m'a fait tomber en jouant dans le jardin ! »*, s'excuse-t-il en souriant.

François Garde, on le sent, n'a pas l'habitude de l'immobilité. Aux fauteuils douillets des hauts fonctionnaires qui lui étaient dévolus à sa sortie de Sciences Po et de l'ENA, il a toujours préféré les grandes enjambées pressées entre les continents, un pied ici, l'autre là. Le goût de l'ailleurs en bandoulière. *« Je suis un hédoniste de la fonction publique ! »*, revendique avec humour celui qui prit le temps d'apprendre le turc aux Langues O' (Inalco) plutôt que de suivre l'exemple de son père, spécialiste de russe à l'université. Et sa carrière atypique en témoigne, donnant un peu le tournis à qui tenterait d'en tracer les lignes sur une carte : Annecy, la Martinique, Sedan, la Nouvelle-Calédonie, Val-d'Isère, les Taaf, Dijon, Grenoble... Tantôt sous-préfet, directeur de station de sports d'hiver, secrétaire général de gouvernement, directeur de tribunaux administratifs... Avec un seul credo : *« Ne jamais être en poste à Paris ! »*

Et, en prime, le temps de réaliser un autre rêve, la cinquantaine à peine franchie : celui de décrocher le prix Goncourt du 1er roman, l'une des récompenses littéraires les plus enviées de l'Hexagone, avec *Ce qu'il advint du sauvage blanc* paru en 2012. Ou l'aventure — inspirée de faits réels — de Narcisse Pelletier, jeune marin français du XIXe siècle oublié par son équipage lors d'une aiguade en Australie et qui vécut plus de vingt ans parmi les Aborigènes avant d'être brutalement ramené en France. *« J'avais envoyé mon manuscrit par la poste à dix éditeurs. J'ai eu neuf refus... mais un accord majeur, celui de Gallimard ! »* Coup d'essai, coup de maître. On connaît des vies d'énarque moins éclectiques.



C. HÉLIE / GALLIMARD

BIO EXPRESS

1959 : naissance au Cannet (Alpes-Maritimes)
1984 : diplômé de l'École nationale d'administration (ENA), promotion Louise-Michel
1991-1993 : secrétaire général adjoint de la Nouvelle-Calédonie
2000-2004 : administrateur supérieur des Terres australes et antarctiques françaises (TAAF)
2009-2010 : secrétaire général du gouvernement de Nouvelle-Calédonie
2012 : prix Goncourt du 1er roman pour *Ce qu'il advint du sauvage blanc* (Gallimard)
Depuis 2013 : vice-président du tribunal administratif de Grenoble
2013 : *Pour trois couronnes* (Gallimard)
2015 : *La Baleine dans tous ses états* (Gallimard)

Il s'est battu pour que les Taaf soient réserve naturelle

Vice-président du tribunal administratif de Grenoble (Isère) depuis deux ans, François Garde vit désormais bien loin des pentes herbeuses battues par les vents des Kerguelen ou de Crozet. Du moins en apparence. Car celui qui a fait de la Haute-Savoie — chère à son épouse — sa terre d'ancrage sait aussi jeter des ponts inattendus entre mer et montagne. *« La rusticité que l'on trouve sur certaines de ces îles rappelle celle de la haute montagne. Partout c'est la même beauté. Et c'est en regardant le mont Blanc que j'écris sur la mer. »* Son dernier ouvrage, paru

M HARVEY/WILDLIFE/ANDIA.FR

Créées il y a soixante ans, les Terres australes et antarctiques françaises (Taaf) constituent un observatoire privilégié pour la biodiversité (ici, otaries de Kerguelen).

en mars, atteste de son attachement pour ces océans lointains. *La Baleine dans tous ses états* (Gallimard) retrace ses rencontres avec l'auguste mammifère, que celles-ci soient littéraires ou réelles. Ce natif du Cannet (Alpes-Maritimes) n'oubliera jamais en effet avoir régné *« tel un baron d'Empire »* sur ces territoires méconnus. *« Ce sont des îles précieuses pour la biodiversité et comme observatoire du réchauffement climatique, car ce qu'on enregistre sur place est le "bruit de fond" de la planète. C'est un "spot" qui donne à la France un rôle de premier plan. »* Soucieux de préserver cet environnement fragile, François Garde a fait entendre sa voix jusqu'à Paris : *« J'ai bataillé pour que la majeure partie des Taaf soit classée en réserve naturelle, ce qui est fait désormais. »* Lutte contre la pêche illégale, campagne de dératisation, mise en place du tri sélectif ou rédaction de règles de sécurité pour les missions scientifiques… le haut fonctionnaire, qui avoue aussi *« aimer le droit car chaque mot doit y être précis, comme un atome avec une charge »*, a su rappeler aux chercheurs et logisticiens séjournant sur place que la loi française s'applique à tous, même à des milliers de kilomètres de la métropole.

Prêt à repartir, à condition qu'il puisse écrire

« C'est un homme vif, direct, indépendant, amoureux des grands espaces et peu enclin aux mondanités, affirme son amie Pascale Joannot, déléguée à l'Outre-mer et directrice adjointe des collections au Muséum national d'histoire naturelle de Paris. *Lors de notre rencontre, il y a plus de vingt ans, alors que je dirigeais l'aquarium de Nouméa, nous avions envisagé la création d'une taxe sur l'exploitation du corail. Il était enthousiaste et sans indulgence, notamment vis-à-vis des exploitants. Son intelligence est créative. »* De ses expériences outre-mer, François Garde a rapporté une conviction qui transparaît notamment à travers *Ce qu'il advint du sauvage blanc* : *« Mon propos est à l'opposé d'une "robinsonnade". "Robinson Crusoé" est en effet le projet politique de la colonisation, le mandat que l'homme blanc se donne à lui-même pour dominer la nature et les autres hommes. Mon interrogation est inverse, notamment à propos de la Nouvelle-Calédonie : comment le peuple kanak parvient-il à préserver son système de pensée tout en étant très à l'aise dans le nôtre ? Comment nous comprennent-ils, alors que nous ne les comprenons pas ? »*

Le voyageur repartira-t-il bientôt ? *« Pourquoi pas… »* À une condition. Qu'il puisse toujours s'aménager du *« temps volé »* pour écrire. Même si son prochain roman doit se dérouler… à l'intérieur du périphérique parisien. ■

Carole Chatelain

« C'est un homme vif, direct, indépendant, amoureux des grands espaces. Son intelligence est créative »

Pascale Joannot, déléguée à l'Outre-mer et directrice adjointe des collections au Muséum national d'histoire naturelle de Paris

PLASTIQUE Matériau à base de polymères (résines) issus de la pétrochimie, généralement mélangés à d'autres substances qui lui confèrent des propriétés de transparence et de résistance.

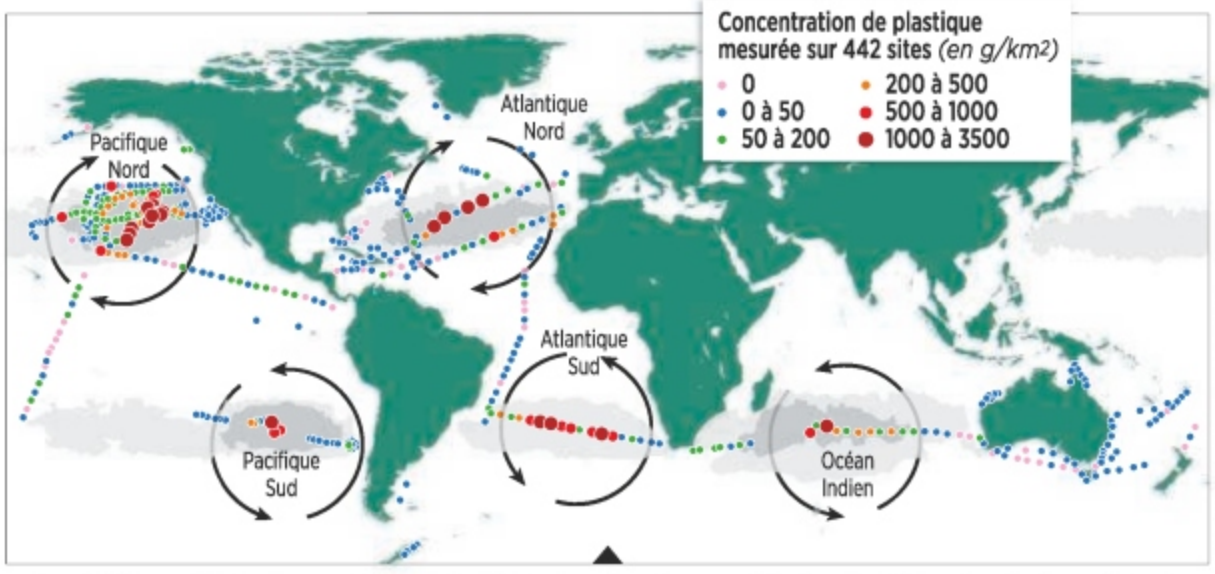
GYRE Immense tourbillon d'eau océanique formé par des courants sous l'action des vents et des transferts de chaleur de l'équateur vers les pôles. Leur débit correspond à plus de dix fois celui de l'ensemble des grands fleuves terrestres.

FORCE DE CORIOLIS En tournant sur elle-même, la Terre crée une force qui dévie les vastes masses d'eau océaniques. Dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Nord, l'inverse dans le Sud.

Ces déchets de plastique qui envahissent les océans

Par milliards, des débris se concentrent dans les mers au gré des courants, formant une « plastisphère » polluante très intégrée à l'écosystème. L'éliminer est un casse-tête pour les spécialistes.

« CE QUI M'A SURPRIS, *c'est qu'on ne voyait rien. La soupe de plastique, brassée en profondeur, était invisible. Comment montrer une catastrophe qui ne se voit pas ?* », s'interroge Patrick Deixonne, navigateur-explorateur, au retour de la troisième expédition 7e Continent qu'il a menée du 15 mai au 15 juin dans le « gyre » *(voir le lexique)* de l'Atlantique Nord. Là, dans ce gigantesque tourbillon de la mer des Sargasses, se concentrent des milliards de débris de plastique. Sous l'effet de la force de Coriolis *(lire le lexique)*, trois courants y font converger les objets flottants. Jadis, les voiliers s'y retrouvaient entravés dans des agglomérats d'algues. Aujourd'hui, ce sont les déchets de plastique. Ce matériau chimique, peu biodégradable, se fragmente en infimes particules pour créer une « soupe », capable de résister à l'eau de mer et aux UV jusqu'à 1 000 ans, et improprement baptisée le « 7e continent ». Le phénomène, connu depuis moins de quinze ans, se retrouve dans les cinq grands bassins océaniques du monde (Atlantique Nord et Sud, océan Indien, Pacifique Nord et Sud), les courants y emprisonnant les débris de plastique flottants de toutes tailles, depuis la microbille cosmétique jusqu'au bidon. L'étendue de ces gyres est immense : celui du Pacifique Nord couvre une superficie estimée à six fois celle de la France.



Les plastiques flottants se retrouvent piégés dans les cinq gyres (vastes tourbillons) océaniques. En gris, les zones d'accumulation prévues par un modèle récent de circulation océanique.

Venus du continent grâce aux vents et cours d'eau

D'où viennent ces déchets ? À 80 % des continents : en 2015, 9,1 millions de tonnes de plastique devraient se retrouver dans la mer, drainés par les pluies et les vents, acheminés par les cours d'eau. En fonction de leur densité, certains coulent, d'autres flottent et sont entraînés par les vents et courants marins. « *Aujourd'hui, on estime à 300 millions de tonnes la quantité de plastique dans les océans. Si l'on ne fait rien, il y en aura 155 millions de tonnes supplémentaires en 2025* », alerte Patrick Deixonne.

Ce printemps, le catamaran de 18 mètres de l'expédition 7e Continent a parcouru quelque 2 500 kilomètres dans le gyre de l'Atlantique Nord pour y faire des prélèvements. « *C'était une*

Sous forme solide ou réduits en « soupe », les déchets sont une menace de mort pour l'écosystème et sous les animaux marins dont les tortues qui les ingèrent.

PATRICK HUJUET-DUBIEF / BIOSPHOTO

mission risquée, raconte Patrick Deixonne. *Nous étions dix, cantonnés dans un habitacle de 20 mètres carrés, à plus de 2000 kilomètres de toute côte, dans une mer houleuse avec des creux de 5 mètres.* »

Les déchets intègrent peu à peu la chaîne alimentaire

Sur place, il s'agissait de quantifier et caractériser les macro, micro et nanodébris. Chaque trait de filet d'une demi-heure remontait en moyenne 250 pièces de plastique. Ce qui permet d'estimer « *à environ 200 000 le nombre de débris par kilomètre carré, pour l'essentiel des particules de 2 millimètres de diamètre* », explique Patrick Deixonne. Or ces dernières, brassées par les vagues et la houle, échappent pour une grande part aux filets échantillonneurs, qui ne prélèvent que la couche supérieure de la colonne d'eau. « *Nos estimations ne sont qu'une fourchette basse* », constate le navigateur.

À bord du bateau et en laboratoire, les échantillons ont été soumis à l'étude au microscope infrarouge et par spectroscopie « *pour savoir s'il existe une signature spécifique des plastiques invisibles* », indique Alexandra Ter-Halle, chimiste à l'université de Toulouse Cette nouvelle méthodologie sera appliquée aux autres gyres, qui seront étudiés dans les prochaines années. La route du bateau a aussi régulièrement croisé de gros déchets flottants. Les membres de l'équipage remontaient chaque jour qui une boîte de Nesquik, qui un bidon, etc. Un observateur posté sur le pont était chargé de les compter, deux heures durant. Soit, selon les premières extrapolations… quelques millions de tonnes !

300
millions de tonnes
La quantité de plastique dans les océans

455 millions de tonnes
estimés en 2025

Problème : ces macrodéchets interagissent avec le milieu marin. Ils fonctionnent en effet comme des DCP (dispositifs de concentration de poissons) — un système utilisé par les pêcheurs —, sous lesquels les poissons ont tendance à s'agglutiner. Quant aux micro et nanoplastiques, ils s'intègrent peu à peu à la chaîne alimentaire : d'abord colonisés par des micro-organismes, ils sont ensuite assimilés au plancton, premier maillon de la chaîne alimentaire marine. L'ensemble finit par former la « plastisphère », un écosystème marin organisé avec et autour du plastique.

A priori, ce « plastiplancton » n'est pas dangereux pour les organismes qui l'ingèrent : « *Leur système digestif évacue les constituants du plastique, qui sont des matières inertes, inassimilables* », explique François Calgani, spé- ▶

MOBILISATION

Les solutions pour s'en débarrasser

Parmi les actions envisageables, certaines relèvent de la fausse bonne idée, mais d'autres auraient une réelle efficacité.

Selon une étude publiée dans *Science* en 2015, les 192 pays côtiers de la planète ont produit 275 millions de tonnes de déchets plastique en 2010, dont 8 millions de tonnes ont été déversés dans les océans. Face à ce constat, que faire ?

THE OCEAN CLEANUP

Ce système destiné à capturer les déchets en pleine mer devrait être testé au large du Japon en 2016.

Réduire la pollution à la source

Bannir tous les plastiques ? La solution est irréaliste : sans film alimentaire, par exemple, une grande quantité de nourriture serait jetée. Cependant, des mesures de restriction sont prises. En France, les sacs de caisse seront interdits en 2016 : un sac qui sert 20 minutes pollue en effet 450 ans...

Rendre le plastique biodégradable

Les plastiques biodégradables sont conçus pour se déliter dans des conditions spécifiques d'humidité, de chaleur et de microbiologie rarement atteintes dans la nature. Il existe un plastique dit oxofragmentable : un additif permet sa fragmentation. Fausse bonne idée, car il rend la pollution invisible. Les emballages compostables sont, eux, issus de produits naturels : pommes de terre, algues, maïs, déchets agroalimentaires. C'est l'option choisie par le Laboratoire d'ingénierie des matériaux de Bretagne (Limat B), qui utilise des déchets locaux associés à des bactéries marines pour produire des emballages à usage local ! Une économie circulaire vertueuse.

Empêcher l'arrivée à la mer

Cela nécessite une mobilisation générale à l'échelle d'un bassin versant, impliquant le nettoyage régulier des cours d'eau. L'équipe de l'ONG 7e Continent mène ainsi chaque année des opérations

cialiste des plastiques à l'Ifremer de Bastia. Cependant, une étude publiée dans la revue *Environmental Toxicology and Chemistry* (2012) montrait que des moules mises en présence de nanobilles en polystyrène manquaient d'appétit. L'impact n'est pas nul, donc, sur les organismes filtreurs. Il l'est encore moins quand il est dû à des micro ou macrodéchets. D'abord parce que ceux-ci servent de véhicules pour la dissémination des espèces dans les océans. Ainsi, le tsunami de 2011, qui a lessivé des milliards de tonnes de déchets vers la mer, a entraîné la migration de quelque 120 espèces du Japon au Canada. Et avec elles, un grand nombre d'agents pathogènes pour les populations locales.

La plastisphère change les règles du jeu entre les différents organismes. Ainsi en va-t-il des *Halobates sericeus*, insectes marins qui marchent sur l'eau et pondent sur des objets flottants... *a fortiori* sur les débris de plastique. Dans un milieu où les ressources sont rares, la multiplication des lieux de ponte favorise leur développement, au détriment d'autres espèces. Et notamment des poissons, qui eux aussi déposent sur les plastiques leurs œufs, un mets de choix pour les halobates. Il y a trois ans, une étude menée par des chercheurs de l'université de Californie (États-Unis) avait établi que ces insectes proliféraient dans le gyre du Pacifique Nord. En 2015, la mission 7e Continent en a prélevé également de grandes quantités dans l'Atlantique Nord.

de nettoyage, la dernière ayant eu lieu dans la Seine, où ont été enlevés en moyenne 100 kilos de déchets tous les 100 mètres. *« En France, les agences de l'eau financent des grilles de captation, mais c'est encore anecdotique »*, souligne Patrick Deixonne, de 7e Continent. Une application participative sera inaugurée en septembre (« Stop le plastique ») pour permettre de photographier et localiser par GPS les lieux contaminés. Ces informations seront transmises aux services de collecte des déchets.

Ramasser les déchets

Simple et efficace à court terme. Cette solution a été expérimentée à l'échelle d'un pays, le Liban, où, au lendemain de la guerre civile, les fonds marins étaient recouverts de plus d'un mètre de déchets. En août 1997, l'association Operation Big Blue lançait la première campagne de ramassage qui a réuni 40 000 personnes sur tout le littoral. Depuis, ce nettoyage est devenu annuel. Problème : tant que des plastiques seront relâchés dans la nature, il faudra les ramasser. Le cycle est sans fin, donc.

Piéger les déchets en mer

C'est le pari du Néerlandais Boyan Slat qui a imaginé une barrière souple de deux kilomètres de long, attachée aux fonds marins, qui arrête les déchets poussés par les courants. Ceux-ci se concentrent au milieu du dispositif, d'où ils sont extraits à partir d'une plate-forme. L'association The Ocean Cleanup a annoncé la mise en place d'un prototype en 2016 au large du Japon. Problème : ce système ne tient pas compte de la plastisphère et de la vie qui lui est associée. Et ne résout pas le problème des nanoparticules.

Autres habitants privilégiés du septième continent, les méduses dont les jeunes polypes (premier stade de développement) colonisent volontiers les morceaux de plastique. Peut-être est-ce là la clé de leur prolifération ? *« Ce qui est certain, c'est que les méduses mangent des poissons. Donc plus il y a de méduses, moins il y a de poissons »*, remarque Patrick Deixonne. Enfin, les déchets qui contiennent du polyéthylène, soit la plupart des plastiques, deviennent poreux en se dégradant et absorbent les polluants persistants. Ils se muent ainsi en véritables « éponges » à métaux lourds. Que deviennent ces polluants ? Sont-ils rejetés dans l'environnement ? Sont-ils transférés aux algues, au plancton ? L'étude de la plastisphère ne fait que commencer. Et face à l'étendue du désastre, *« il est urgent de comprendre avant d'envisager de nettoyer les mers »*, avertit Alexandra Ter-Halle. Car sous les plastiques, il y a la vie, une vie foisonnante à préserver. ■

Sylvie Rouat

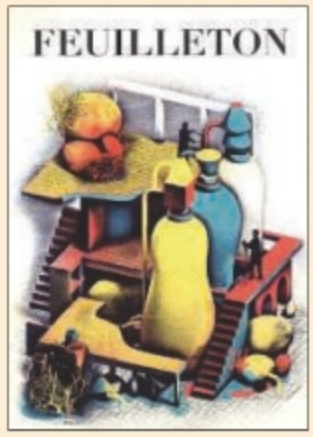
Livres
Nature

Wild Idea

Dan O'Brien, Au Diable Vauvert, 400 p., 22 €

C'est une belle aventure humaine et écologique. D'une plume limpide trempée dans l'intime, l'âme enracinée dans les immensités des Grandes Plaines, Dan O'Brien raconte à la première personne son entreprise : réintroduire l'élevage du bison dans son milieu d'origine tout en restaurant l'équilibre de son écosystème. La réussite de son exploitation « raisonnée » de l'animal mythique des Indiens, qui repose sur une nouvelle vision des contraintes économiques, des espaces naturels et de la relation avec l'animal, est exemplaire. ■ **A. De B.**

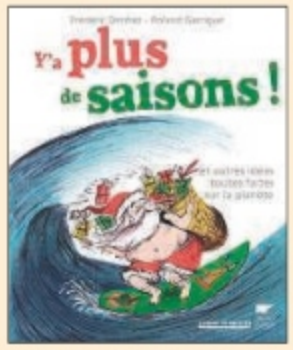
Feuilleton n° 14



192 p., 15 €

Environnement, paléontologie, expérimentation animale, espace, nucléaire, et plus encore, le dernier numéro de la revue *Feuilleton* (disponible dans toutes les bonnes librairies jusqu'au 24 septembre) porte comme sous-titre « La science dans tous ses états ». Le programme tente de couvrir en onze articles la science d'aujourd'hui. Riche de quelques signatures prestigieuses, le résultat est plutôt roboratif, mais il est dommage que l'intégralité du numéro se compose de traductions de textes américains. ■ **H. R.**

Y'a plus de saisons !



Frédéric Denhez, dessins Roland Garrigue, Delachaux et Niestlé, 128 p., 12,90 €

« C'est le Nutella qui tue les orangs-outangs, l'Amazonie est le poumon de la Terre, les vaches pètent du méthane, le climat a toujours varié… » C'est fou ce que l'on peut assimiler de formules toutes faites sans en vérifier la véracité. Dans ce petit manuel illustré avec humour, l'auteur décrypte et nuance. Et même si sa démarche pédagogique à l'allure rassurante donne parfois la sensation de ménager la chèvre et le chou, elle a le mérite de suggérer la vigilance à l'égard des raccourcis. ■ **A. De B.**

La prévention d'Alzheimer au menu

Des chercheurs américains ont mis au point Mind, un régime préventif contre la maladie d'Alzheimer. Inspiré de la diète méditerranéenne, il serait plus ciblé, plus facile à suivre et surtout... efficace. Une piste prometteuse.

Par Marie-Noëlle Delaby

PENSER À BIEN MANGER... pour préserver ses capacités mentales ! Telle est la piste novatrice suivie par une équipe américaine, qui l'a concrétisée en un régime alimentaire destiné à prévenir la maladie d'Alzheimer, Mind (Mediterranean-Dash Intervention of Neurodegenerative Delay). Les résultats de son étude, menée sur 923 patients soumis à des questionnaires réguliers durant quatre ans et demi, sont parus dans la revue *Alzheimer's & Dementia* au printemps 2015 (1). Et ils sont très prometteurs : les chercheurs ont pu établir que le risque de démence avait diminué de 53 % chez les personnes ayant suivi rigoureusement leurs préceptes et de 35 % chez celles qui se sont permis quelques écarts.

Une révolution ! Car s'il existe depuis longtemps des diètes destinées à prévenir les affections cardio-vasculaires, la maladie

À TABLE

9 familles à privilégier et les quantités recommandées

d'Alzheimer, l'une des plus répandues aujourd'hui avec 30 millions de patients dans le monde, n'avait jusqu'alors été l'objet d'aucune recherche dans ce domaine. Tout juste transposait-on directement à cette affection les bienfaits des régimes « bons pour le cœur », de très nombreuses études ayant montré leurs effets protecteurs indirects contre le déclin cognitif. Le plus connu est sans conteste le régime méditerranéen — ou crétois — dont le caractère bénéfique contre de nombreux risques (mortalité globale, cardio-vasculaire, cancers) est reconnu. *« Cela ne suffisait pas !* explique le professeur Martha Clare Morris, spécialiste de la maladie d'Alzheimer à l'université Rush de Chicago (États-Unis). *Si ces régimes avaient bien un effet favorable sur le cerveau, ils ne préconisaient aucune combinaison d'aliments destinée spécifiquement à la protection de cet organe essentiel. C'est pourquoi nous avons voulu concevoir une diète propre à prévenir la démence. »*
Mind était né !

Limiter les lésions vasculaires protégerait le cerveau

Certes, celui-ci s'inspire du régime crétois, et plus particulièrement du Dash (Dietary Approaches to Stop Hypertension [2]), l'une de ses déclinaisons mises au point dans les années 1990, qui insiste, entre autres, sur la limitation du sel, grand facteur d'hypertension. Le Dash a en effet fait ses preuves depuis de nombreuses années, réduisant sans conteste les facteurs de risque de lésions vasculaires. Or celles-ci diminueraient ce que les spécialistes appellent la « clairance amyloïde », autrement dit la faculté que possède notre cerveau de « nettoyer » les dépôts de peptides amyloïdes bêta : agrégés par plaques autour des neurones et de leurs prolongements, ces dépôts constituent des lésions typiques de la maladie d'Alzheimer. *« De ce point de vue, la prévention des maladies cardio-vasculaires, en agissant sur l'ensemble des vaisseaux du cœur mais aussi du cerveau, permet de lutter indirectement contre Alzheimer »*, note Brigitte Huon, vice-présidente de la fondation France Alzheimer.

> « La spécificité de Mind tient surtout à l'importance donnée aux légumes verts à feuilles et aux baies »
> **Martha Claire Morris,** spécialiste d'Alzheimer à l'université Rush (Chicago, États-Unis)

Mais les chercheurs américains de l'université de Chicago sont allés plus loin : pour mettre au point Mind, ils ont distingué neuf aliments sains, contribuant au bon fonctionnement cérébral *(voir l'illustration ci-dessous). « La spécificité de ce régime tient surtout à la consommation de légumes verts à feuilles (choux, épinards, cresson, blettes...) et de baies, en particulier les myrtilles et les fraises »*, explique Martha Clare Morris. Car deux vastes études américaines ont montré un lien entre une baisse ▸

RÉMY CORTIN POUR SCIENCES ET AVENIR

© NUTRICULTURE

Pour que les patients se nourrissent seuls, les plats peuvent être présentés sous forme de bouchées à manger avec les mains.

COMPORTEMENT

Préserver à tout prix l'autonomie du malade

À un stade avancé, la maladie d'Alzheimer joue sur l'alimentation du patient. Les incapacités à reconnaître (agnosie) et à se servir des couverts de manière adéquate (apraxie) constituent en effet une étape délicate pour le malade et son entourage. *« Si aucun effort d'adaptation n'est fait, la personne risque des carences en mangeant de façon sélective, par exemple beaucoup de pain et de biscuits au détriment de la viande ou des légumes »*, explique Caroline Rio, diététicienne à Paris et formatrice au sein de l'association France Alzheimer. Or il est important de préserver la capacité du patient à se nourrir seul aussi longtemps que possible, la dépendance étant un facteur d'aggravation de la maladie. Il y a dix ans, cette volonté de maintenir l'autonomie du patient a donné naissance, sous l'impulsion du gériatre suisse Charles-Henri Rapin, au « manger-mains »: les aliments sont proposés sous forme de bouchées. Une cuisine inventive ayant même inspiré de grands noms de la gastronomie, par exemple à l'institut Paul-Bocuse. Croquettes de poisson, bouchées de poulet façon *nuggets*, légumes en petits flans... Le but est de respecter le rythme de vie du patient en mettant à sa disposition des mets faciles à manger, notamment en marchant, beaucoup de patients ayant tendance à déambuler. À noter toutefois que le « manger-mains » ne convient pas à tous, car *« pour certaines personnes, manger avec les doigts est vécu comme dégradant*, précise la diététicienne. *L'important est de respecter les choix du malade, en n'oubliant pas que si la maladie entrave certains gestes habituels, elle ne prive pas du plaisir de la table, qu'il convient d'entretenir en proposant des plats faciles à manger mais aussi appétissants, beaux, bons et nutritifs »*.

ROZENBAUM ET CIROU/PHOTOALTO/AFP

VIN ROUGE

L'effet des antioxydants

Une consommation d'un à deux verres de vin rouge par jour exerce un effet protecteur vis-à-vis de la maladie d'Alzheimer, selon des travaux épidémiologiques (étude Paquin). Il n'existe cependant pas à ce jour d'explications précises sur le mécanisme en jeu, et plusieurs hypothèses cohabitent : la richesse du vin en tanins (des antioxydants qui limitent l'altération des vaisseaux), l'action bénéfique de l'alcool sur l'acétylcholine (un neurotransmetteur impliqué dans la mémorisation), ou encore son association à un mode de vie qui favorise la stimulation cérébrale. Mais attention, son effet protecteur est une question de mesure, car l'excès d'alcool entraîne un risque de démence alcoolique qui aggrave la maladie.

significative du déclin cognitif et la prise d'au moins deux portions quotidiennes de légumes. La baisse la plus forte étant liée à la consommation d'au moins six portions hebdomadaires de légumes verts à feuilles. De même, une association a pu être faite entre l'absorption de baies, à hauteur minimum de deux portions par semaine, et la réduction du risque de déclin cognitif. Selon plusieurs études épidémiologiques, en effet, les antioxydants naturels comme les vitamines E, A et C ou les flavonoïdes, des composés actifs très présents dans les légumes verts et les baies, ont un effet protecteur. *« Ils semblent avoir une triple action : protéger les membranes lipidiques des neurones, lutter contre la leucopathie vasculaire* [altération des artérioles et des capillaires du cerveau] *et, enfin, diminuer l'inflammation des vaisseaux »*, précise Bernard Croisile, neurologue à l'hôpital Pierre-Wertheimer de Bron (Lyon).

Éviter les aliments riches en acides gras trans et saturés

Le régime Mind préconise également d'éviter cinq types d'aliments (viandes rouges, beurre et margarine, fromages, pâtisseries, sucreries, fritures et fast-food), pourvoyeurs d'acides gras trans et d'acides gras saturés, des lipides dont l'apport excessif fragiliserait nos vaisseaux. Enfin, il recommande de boire un verre de vin rouge par jour *(lire l'encadré)*.

POUR EN SAVOIR PLUS

- Pour les aidants, un livre riche en conseils toujours positifs : **Alimentation et Alzheimer : s'adapter au quotidien**, presses de l'EHESP, 2011
- **www.recherche.institutpaulbocuse.com**
- Un site de tutoriels avec de nombreuses vidéos de recettes de manger-mains : **http://sciav.fr/1TaY0O4**

« L'un des grands avantages de Mind est que, malgré les apparences, il se révèle moins strict que tous ses prédécesseurs », précise Martha Clare Morris. Ces derniers imposent en effet une consommation élevée de poisson (au moins 6 portions hebdomadaires pour le régime crétois) et de fruits (3 à 4 portions quotidiennes pour les régimes crétois et Dash), ce que ne préconise pas Mind. En outre, celui-ci est beaucoup plus souple avec les « entorses » (tolérant 4 portions de viande rouge, 5 pâtisseries ou sucreries par semaine et une cuillerée à soupe maximum de beurre ou de margarine par jour). *« C'est la grande force de Mind : une certaine latitude permet de mieux suivre le régime sans pour autant en altérer fortement les bénéfices. »*

Reste désormais à voir confirmés ces résultats qui, s'ils se révèlent aussi positifs que le laisse penser cette première étude, constitueront une étape décisive dans la prévention d'Alzheimer. *« En attendant, chacun a intérêt à adopter un régime alimentaire équilibré dès le plus jeune âge afin de protéger sa réserve cérébrale (3) et ses capacités cognitives »*, conclut Bernard Croisile. ■

(1) M.,C. Morris et al, « MIND diet associated with reduced incidence of Alzheimer's disease », Alzheimer's & Dementia, (2015) 1-8.

(2) Approche diététique contre l'hypertension.

(3) Réserve cérébrale : nombre de neurones et de connexions synaptiques, sensible aux agressions même minimes.

ISOPRESS/SIPA

CAFÉ

Trois à cinq tasses quotidiennes

Des études épidémiologiques ont prouvé que la caféine a un effet préventif à des taux courants de consommation (400 mg/j), soit trois à cinq tasses de café quotidiennes. Des travaux menés actuellement à l'Inserm de Lille cherchent désormais à démontrer son effet positif une fois la maladie déclarée. *« Nous savons que la caféine agit sur des récepteurs cérébraux — les récepteurs de l'adénosine 2a — dont l'activation semble avoir un effet délétère dans la maladie d'Alzheimer,* explique David Blum, qui dirige l'équipe. *Chez l'animal malade, la caféine bloque ces récepteurs. On observe alors une baisse du dysfonctionnement de la protéine tau, dont l'accumulation anormale dans les cellules nerveuses en dégénérescence est caractéristique de la maladie d'Alzheimer. »*

Par le Dr Pierre Miquel

80 %

d'augmentation du risque d'échec dans le traitement de l'asthme léger à modéré à partir de 30 ans. Soit plus 17 % chez les trentenaires confirmés et 10 % chez les plus jeunes, selon une étude sur 1200 sujets asthmatiques et non fumeurs. Ce risque d'échec lié à l'âge est majoré de 13 % tous les 5 ans. Il est particulièrement important avec la cortisone inhalée (3 fois plus après 30 ans).

Medscape, 15 juin 2015 ; *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 11 juin 2015.

MÉDECINE DU SPORT

Les traumatismes rotuliens diffèrent selon du sexe

Les luxations et subluxations de la rotule représentent plus de 7 % de toutes les lésions du genou chez le jeune sportif, selon une étude américaine de 420 cas observés dans une vingtaine de sports en milieu étudiant. Chez le garçon, ces atteintes surviennent généralement à la suite d'un choc direct (football américain, lutte), alors que c'est plutôt par torsion du genou chez la fille.

American Journal of Sports Medicine, juillet 2015.

SERGE ATTAL/GOSEP.FX

Deux fois plus de risque d'infections respiratoires pour les femmes en surpoids.

MÉTABOLISME

L'obésité favorise les infections

Une importante étude montre pour la première fois que l'obésité augmente le risque d'infections. Parmi 3 500 sujets âgés de 27 à 50 ans inscrits au registre danois des donneurs de sang, 10 % (dans les 2 sexes) ont été classés comme obèses (indice de masse corporelle [IMC] >30) et 25% (des femmes) et 40% (des hommes) comme en surpoids (IMC entre 25 et 30). Or c'est justement dans cette population — par ailleurs en bonne santé — que l'on observe une augmentation significative (50 %) du risque global. Ainsi, en cas d'obésité, le risque d'infections cutanéo-muqueuses est doublé chez l'homme, la femme risquant deux fois plus d'infections respiratoires et deux fois et demie plus de cystites. Cette association s'observe aussi en cas de simple surpoids. Elle est corroborée par le fait que les prescriptions d'antibiotiques (les pénicillines notamment) sont plus nombreuses en cas d'obésité. Les mécanismes spécifiques de cette association restent à identifier.

Epidemiology, juillet 2015.

NEUROLOGIE

Déficit en vitamine D et neuropathie diabétique

Les personnes souffrant de diabète de type 2 (dit diabète gras) avec des fourmillements, brûlures, décharges électriques et/ou douleurs des membres inférieurs ont des taux de vitamine D considérablement plus faibles (35 nanomoles par litre [nmol/L]) que ceux des diabétiques sans neuropathie (50 nmol/L) ou des sujets sains (65 nmol/L), selon une étude présentée au dernier congrès de l'Association américaine du diabète. Des données à confirmer avant d'envisager une supplémentation.

Medscape, 24 juin 2015.

CARDIOLOGIE

La péricardite reste le plus souvent inexpliquée

Une étude prospective conduite à Marseille et portant sur 1100 patients montre que 45 % seulement des péricardites (inflammation de la membrane entourant le muscle cardiaque, avec ou sans épanchement liquidien) ont une cause identifiée. Les péricardites post-traumatiques représentent 21 % des cas (chirurgie cardiaque, pose de cathéter), devant les causes non infectieuses (insuffisance rénale ou cardiaque, maladie auto-immune ou cancer, 16 %) et infectieuses (7 %), soit bactériennes (54 %), soit virales (43 %).

The American Journal of Medicine, juillet 2015.

DERMATOLOGIE

L'eczéma allergique persiste souvent à l'âge adulte

L'eczéma atopique (dermatite atopique) touche préférentiellement les enfants. Il s'améliore ou disparaît moins souvent qu'on ne le pense à l'adolescence, comme le révèle une étude ayant suivi 1200 enfants pendant quinze ans. Car une fois sur deux, il persiste à l'âge adulte. Le passage à la chronicité concerne surtout l'eczéma des mains ou de la tête et du cou, d'apparition précoce et associé à la présence d'anticorps (IgE) témoignant d'une infection par certaines levures (*Malassezia furfur*).

Allergy, juillet 2015.

E. THIERCELIN/DIVERGENCE

La dermite atopique des mains peut devenir chronique.

Un vaccin efficace contre Ebola

Après l'épidémie récente en Afrique de l'Ouest, succédant à des années d'inaction, la lutte contre Ebola semble enfin s'accélérer.

LE VACCIN PRÉVENTIF CONTRE EBOLA testé en Guinée par l'OMS s'est révélé très efficace, selon un premier bilan publié dans la revue médicale *The Lancet*. Sur 3512 adultes ayant été en contact avec 75 malades dans le pays, aucun n'a contracté la maladie. En tout cas, chez les 2014 personnes immédiatement vaccinées. En revanche, quand la vaccination avait été retardée de 21 jours, comme ce fut le cas pour 1498 autres personnes, 15 cas de contamination ont été rapportés. Des sujets déjà infectés lors de la vaccination ont également pu être guéris. Devant une telle efficacité, l'OMS a décidé de s'en tenir à la vaccination immédiate pour les essais, qui pourrait être étendus aux adolescents et aux enfants.

CELLOU BINANI/AFP

Vaccination contre Ebola à Conakry (Guinée) en mars 2015.

Un contrôle étroit du dispositif de vaccination

Ce premier test a été lancé en un temps record, un an à peine après l'identification en mars 2014 des premiers cas d'Ebola en Afrique de l'Ouest, grâce aux efforts du gouvernement guinéen et de l'OMS, de Médecins sans frontières et de l'Institut norvégien de santé publique. Chaque personne vaccinée avait reçu un téléphone prépayé lui permettant d'alerter le chef local ou le personnel médical au moindre problème, de quoi assurer un suivi étroit et garantir ainsi la qualité de l'étude. Le vaccin, appelé rVSV-ZEBOV, mis au point en 2005 par l'Agence de la santé publique du Canada, a été élaboré à partir d'un virus bénin du bétail, le virus de la stomatite vésiculaire, génétiquement modifié pour porter la protéine G d'enveloppe du virus Ebola. Il a ensuite été développé pour l'homme aux États-Unis par la société NewLink Genetics et produit par le laboratoire pharmaceutique Merck Sharp & Dohme. *« Il s'agit d'un très bon vaccin actif après une seule injection*, précise Sylvain Baize, spécialiste Inserm du virus Ebola à Lyon. *Il vient à point nommé car, même si le nombre de cas a chuté ces derniers mois, il sera indispensable pour contenir une épidémie qui peut se poursuivre.* » ■

Pierre Kaldy

60 Questions étonnantes sur les parents

Jean-Baptiste Dayez et Anne-Sophie Ryckebosch, éditions Mardaga, 144 p., 14,90 €

Les enfants sont-ils un tue-l'amour ? Le racisme se transmet-il par la mère ? Les parents donnent-ils plus d'explications scientifiques à leur fils ? Pourquoi maman passe-t-elle ses journées sur Facebook ? 60 questions insolites, voire dérangeantes, sont passées au crible de la science par un couple de psychologues belges dans cet ouvrage original. Cette nouvelle collection « In psycho veritas » se veut sérieuse, documentée et un brin impertinente. Elle l'est. Les réponses sont scientifiquement étayées et les conclusions claires. ■ **Elena Sender**

Votre Santé

Tous les mensonges qu'on vous raconte et comment la science vous aide à y voir clair

Didier Raoult, éditions Michel Lafon, 304 p., 17,95 €

Voici un ouvrage qui entend dénoncer idées reçues et contre-vérités sur la santé. L'auteur, le microbiologiste Didier Raoult de la faculté de médecine de l'université d'Aix-Marseille, se présente comme un partisan du principe de vigilance et non de précaution. À coup de réflexions souvent frappées au coin du bon sens, il entend donner « sa » vérité dans des domaines aussi variés que la cigarette électronique, la vaccination, les maladies, les médicaments, les crises sanitaires, etc. ■ **Sylvie Riou-Milliot**

Histoire des médecins

Artisans et artistes de la santé de l'Antiquité à nos jours

Stanis Perez, Perrin, 420 p., 24,50 €

Si l'histoire de la médecine a fait l'objet de nombreux ouvrages, celle des médecins et du corps médical dans son ensemble — pas uniquement celle de quelques célèbres précurseurs — fait curieusement défaut. Un manque réparé par cette remarquable synthèse qui couvre l'histoire de cette profession de l'Antiquité à nos jours. Elle retrace les grandes étapes de l'évolution de l'art de soigner sous un angle culturel, politique et social. Pour tout savoir sur ceux qui ont un jour prêté le serment d'Hippocrate. ■ **S. R.-M.**

Fourchette ou baguettes ?

Comment bien manger ? Avec quel ustensile ? Assis ou debout ? Seul avec sa tablette ou en compagnie ? De nombreux critères sont à prendre en compte pour atteindre un bon équilibre alimentaire.

PLAT UNIQUE OU MENU VARIÉ ? Fourchette, baguettes ou doigts ? Assis droit sur une chaise ou affalé dans le canapé ? Si « bien manger » repose indubitablement sur la qualité des aliments que nous dégustons, il faut aussi veiller à la manière de le faire afin d'atteindre l'équilibre alimentaire. Aujourd'hui tiraillés entre les injonctions de la convivialité d'un repas en famille ou entre amis et l'offre toujours grandissante de restauration rapide et de produits « prêts-à-manger », nous avons quelque peu perdu le mode d'emploi du « bien manger ». Avant tout, il convient d'éviter les excès de rationalisation, qui sont contre-productifs. « *Les recommandations nutritionnelles ne sont pas à prendre comme des positions fermes, mais comme des repères indiquant la direction vers l'équilibre alimentaire* », prévient le Dr Dominique-Adèle Cassuto, auteur de *Qu'est ce qu'on mange ?* aux éditions Odile Jacob, qui rappelle que tenir le cap n'empêche pas les pas de côté, par exemple de décaler son petit déjeuner au milieu de la matinée si l'on n'a pas faim au réveil. « *L'essentiel est de savoir s'écouter et de comprendre que l'on ne mange pas qu'avec sa tête, mais aussi avec son corps* », conclut la nutritionniste.

Quelle quantité faut-il manger chaque jour ?

Les repères nutritionnels journaliers inscrits sur les étiquetages des aliments se fondent généralement sur un apport fixe de 2000 kilocalories par jour. Or les besoins varient en fonction du sexe, de l'âge (ils baissent d'environ 30 % de 18 à 80 ans), de l'état de santé et de l'activité physique. Ainsi les besoins d'un homme adulte sédentaire (moins de 30 minutes d'activité physique par jour) varient en moyenne de 2 400 à 2 600 kcal par jour, ceux d'une femme de 1 800 à 2 200 kcal. Ces repères restent donc indicatifs, l'équilibre nutritionnel ne se calculant pas sur un repas ni même une journée, mais la semaine, voire le mois.

Est-il préférable d'être seul ou en (bonne) compagnie ?

La notion de commensalité, que l'on peut définir comme le plaisir de manger ensemble, demeure très présente en France. Une étude du Crédoc de 2010 montre en effet que 80 % des repas des Français sont pris en commun (famille, amis, collègues) (1). Un point positif selon les experts, la convivialité freinant en effet la déstructuration des prises alimentaires qui peut conduire au grignotage, facteur de surpoids. « *Elle agit comme un régulateur social : chacun se dit qu'il ne peut pas ne pas manger, ou au contraire manger plus que sa part. C'est aussi un régulateur temporel : nous prenons le temps de partager ce repas et atteignons donc plus facilement la satiété que si nous mangeons seul, car elle met une vingtaine de minutes à se déclencher* », précise le Dr Cassuto.

2 h 22
minutes

C'est le temps quotidien que consacrent les Français à s'alimenter. Soit 13 minutes de plus qu'il y a trente ans. En revanche, au cours de la même période, le temps quotidien moyen consacré à faire la cuisine s'est réduit de 18 minutes, passant de 1 h 11 à 53 minutes.

Combien de fois faut-il se mettre à table ?

Nous restons attachés au « modèle alimentaire français » constitué de trois repas par jour et reconnu comme un bon garant de l'équilibre alimentaire — seuls 15 % des Français déclarent grignoter très

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

REPÈRES NUTRITIONNELS JOURNALIERS
Ils indiquent la quantité totale d'énergie (en kcal) et de nutriments (lipides, protéines, glucides et vitamines) qu'un adulte en bonne santé doit consommer dans une journée.

MODÈLE ALIMENTAIRE FRANÇAIS
Il se caractérise par la concentration des prises alimentaires lors des trois principaux repas de la journée, à des heures relativement fixes et communes à tous.

SATIÉTÉ État physiologique atteint lorsque l'organisme a reçu l'énergie nécessaire et ne ressent plus de besoin physique de manger.

souvent (2). Selon des enquêtes du Crédoc et de l'Insee, on observe ainsi des « pics de consommation » au moment du déjeuner (entre 12 et 13 h 30) et du dîner (entre 19 heures et 20 h 30). En revanche, 30 % des adultes et près de 12 % des écoliers français ne prennent pas de petit déjeuner. Toutefois, dans une étude parue dans l'*American Journal Of Clinical Nutrition* en septembre 2014 (3), des chercheurs ont montré que la prise ou non de cette collation matinale n'avait pas d'influence sur le poids. Son absence serait en effet compensée à calories égales sur les repas suivants. Mais le petit déjeuner reste toutefois conseillé aux enfants, car il engendre une meilleure mémoire spatiale et à court terme et une meilleure concentration (4).

Debout, assis, couché ?

Une chose est sûre : il faut consacrer au moins vingt minutes à ses repas, temps nécessaire pour atteindre la satiété. Mais dans quelle position ? Les organes de la digestion, et en particulier l'estomac, ne doivent pas être comprimés pour fonctionner correctement, ce qui évite ballonnements ou aigreurs. Les postures assise — le dos droit sans se pencher sur son assiette — et accroupie — le dos droit, les talons au sol — sont les plus aptes à favoriser ce relâchement. En revanche, mieux vaut éviter de manger debout ou en marchant, des postures synonymes de repas sur le pouce et qui perturbent le transit. Enfin, contrairement à ce que l'on pourrait croire, s'allonger juste après un repas copieux ne facilite pas la digestion : la position favorise en effet le reflux gastro-oesophagien. Si l'on souhaite se reposer, mieux vaut surélever le haut du corps.

Regarder des écrans (télé, tablette, smartphone) a-t-il un impact ?

Les écrans (ordinateur, télévision) — mais aussi la lecture — induisent une captation d'attention néfaste à la prise alimentaire : happés par l'image, nous avons tendance à manger trop vite et sans faim. Une analyse publiée dans l'*American Journal of Clinical Nutrition* — regroupant les résultats de 24 études — a montré que cette pratique augmente en moyenne de 10 % les quantités d'aliments consommés sur le moment et de 25 % celles absorbées lors d'un repas futur. Une étude menée en 2010 par le ministère français de la Santé a également montré que les enfants qui restent plus d'une heure par jour devant un écran ont un risque de surpoids supérieur de 30 % à ceux qui y passent moins d'une heure (5).

Avec une fourchette, les doigts, des baguettes ?

Le contenu de notre assiette correspond aux techniques de manipulation des aliments en vigueur sous nos latitudes. Ainsi les Occidentaux, utilisant couteaux et fourchettes, mangent majoritairement de la viande en steak, tandis que d'autres cultures la préparent davantage sous forme de hachis ou de morceaux prédécoupés facilement manipulables avec les doigts ou des baguettes (6). Or ces présentations ont un impact sur la perception des aliments, donc sur la prise alimentaire. Une série d'expériences menée à l'université d'Oxford (Royaume-Uni) a ainsi montré qu'un yaourt nature était perçu comme plus dense quand la cuillère était plus légère et moins doux quand la cuillère était de couleur froide (noire ou bleue) ! Quant au fromage, il semble plus salé quand il est consommé au couteau plutôt qu'avec une pique (7). À chacun selon ses goûts ! ■

Marie-Noëlle Delaby

JEAN-PIERRE POULAIN, sociologue et anthropologue, professeur à l'université de Toulouse-Le Mirail

Articuler les notions de plaisir et de santé

« Bien manger, c'est réussir à articuler les notions de plaisir et de santé. Depuis les années 2000, le rôle positif et hédonique de l'alimentation est de plus en plus mis en valeur à travers la patrimonialisation de la cuisine. Mais, parallèlement, la "médicalisation" de notre alimentation nous pousse à la considérer comme un facteur de risque ou, au contraire, de protection face aux maladies modernes (diabète, cancer, infarctus) : cela a tendance à individualiser nos comportements (régime sans sel, sans sucre, sans gluten...). Aujourd'hui, il faut donc trouver un équilibre entre l'idée que bien manger est fondée sur des connaissances scientifiques qui évoluent et la conviction que l'alimentation a une fonction sociale, conviviale et culturelle dans laquelle le plaisir joue un grand rôle. »

(1) **Comportements et consommations alimentaires en France, étude du Crédoc** (Centre de recherches pour l'étude et l'observation des conditions de vie), 2010.

(2) **Étude Nutrinet,** www.etude-nutrinet-sante.fr

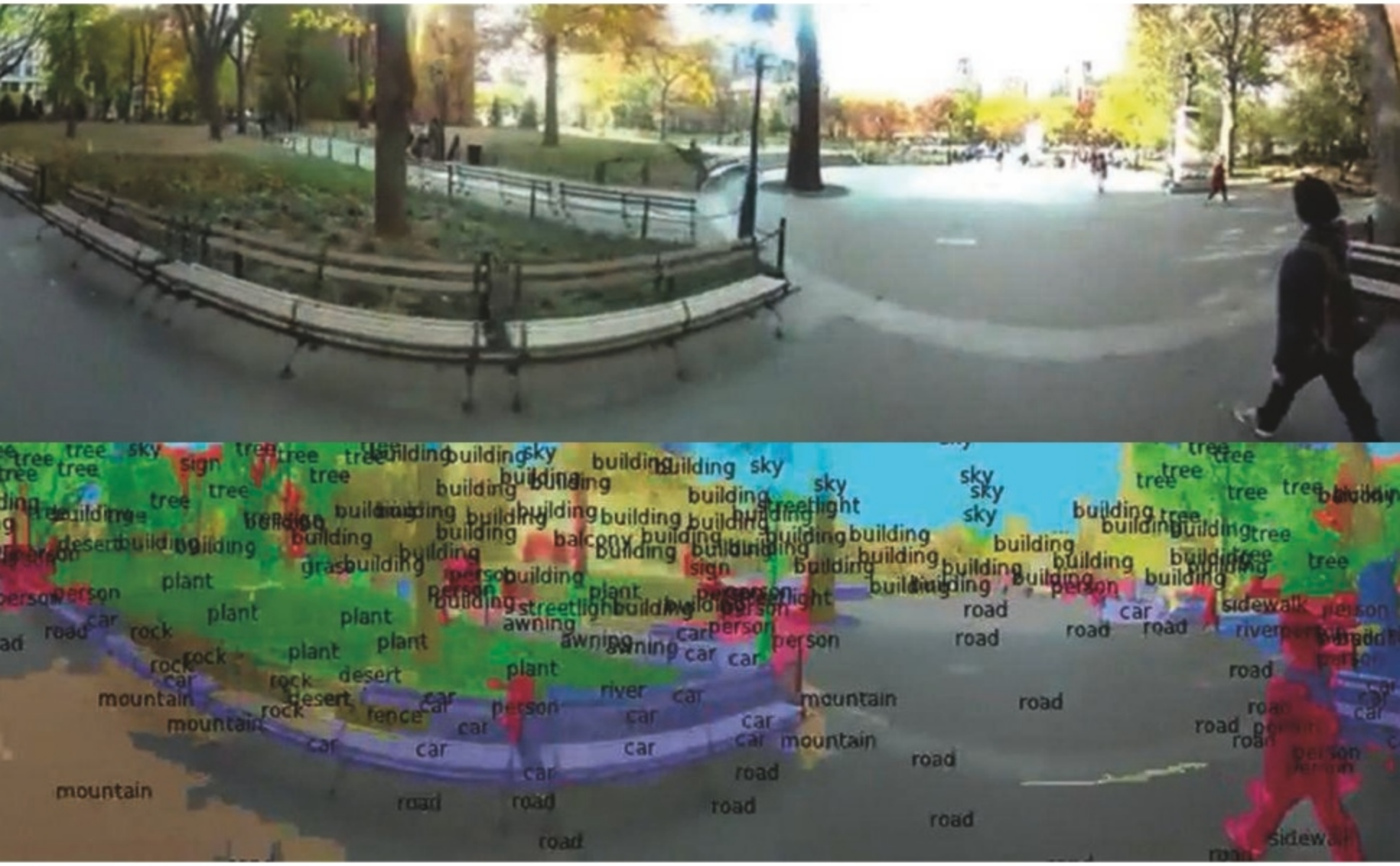
(3) **The causal role of breakfast in energy balance and health : a randomized controlled trial in lean adults,** James A Betts et al, *Am J Clin Nutr*, August 2014.

(4) **A systematic review of the effect of breakfast on the cognitive performance of children and adolescents**, Hoyland A et al, *Nutrition Research Reviews*, 2009.

(5) **La santé des enfants en grande section de maternelle en 2005-2006,** *Études et résultats – Drees*, n° 737, septembre 2010.

(6) **L'Alimentation à découvert,** Robin Nadeau et al, éditions du CNRS, 2015.

(7) **The taste of culteryo: how the taste of food is affected by the weight, size, shape and colour of the cultery used to eat it,** Harrar et al, *Flavour*, 2013.


tree sky sign building sky building sky building sky sky sky tree tree tree tree tree building tree building tree building building building building building building building building building building building building building balcony building building building building building building building building building building building building building

STANFORD BACKGROUND DATASET

◀ **Chaque pixel de l'image** est classé de façon automatique en fonction de la catégorie d'objets auquel il appartient grâce à la « segmentation sémantique » des logiciels de reconnaissance d'image. Ainsi, 33 catégories (route, voiture, ciel, bâtiment…) sont identifiées sur cette vidéo de démonstration réalisée par la New York University à partir de vues de Washington Square, à New York. Les logiciels peuvent ainsi identifier instantanément une image.

« *C'est la chose la plus excitante qui arrive à l'industrie de l'informatique depuis l'invention d'Internet !* » Jen-Hsun Huang, P-DG de Nvidia, le géant américain du processeur graphique, n'a pas eu peur des mots lors du grand raout annuel de son entreprise, la GPU Technology Conference (GTC), à San Jose (États-Unis). Car cette année, une formule a plané comme un mantra dans tous les débats destinés à mettre en valeur les technologies de Nvidia et les entreprises qui les utilisent : « *deep learning* » (« apprentissage en profondeur »). Au point qu'un dirigeant de société venu présenter son projet de rover lunaire s'est presque excusé de ne pas l'utiliser ! L'expression qui fait ainsi fureur désigne une nouvelle forme d'intelligence artificielle : il s'agit d'entraîner un programme informatique en lui fournissant des données, jusqu'à ce qu'il soit apte à trier, classer et réaliser seul certaines tâches déterminées par ce qu'il aura appris. En clair, de lui permettre, à force d'être confronté à de nouvelles situations, c'est-à-dire à de nouvelles données, de se perfectionner tout seul au fil de son utilisation. Jusqu'à remplacer l'homme ?

Le *deep learning* a déjà envahi une multitude d'applications, des commandes vocales pour smartphones (Google Now, Cortana de Microsoft) à l'algorithme de reconnaissance de visages de Facebook (DeepFace, *lire* Sciences et Avenir *n° 812, octobre 2014*), en passant par l'outil de traduction de conversations vocales de Microsoft (Skype Translator). Mais ce n'est qu'un début ! En mars, IBM a acquis la société Alchemy API afin d'inclure cette technologie dans Watson, un programme informatique de pointe actuellement utilisé par une quinzaine de centres hospitaliers américains comme aide au diagnostic en oncologie (*lire* Sciences et Avenir *n° 798, août 2013*). L'enjeu est tel que Facebook, le réseau social de Mark Zuckerberg, a ouvert en juin, à Paris, sa troisième cellule de recherche en intelligence artificielle centrée sur ces techniques, la première hors des États-Unis. Enfin, lors de l'International Conference on Machine Learning de Lille, en juillet, c'est sur le *deep learning* que portait le plus grand nombre d'articles de recherche. Le sujet est pourtant loin d'être nouveau : ce n'est rien d'autre qu'une déclinaison de l'apprentissage automatique (« *machine learning* ») en usage depuis plusieurs années déjà. Des chercheurs y travaillent depuis plus de vingt ans, comme le Français Yann LeCun, responsable depuis fin 2013 de la recherche en intelligence artificielle chez Facebook. Il a ainsi conçu dès 1995 un outil de reconnaissance de caractères manuscrits, encore utilisé aujourd'hui aux États-Unis pour lire les chèques, et fait rouler un véhicule autonome sans radar ni GPS (projet Dave) en 2002, avec des réseaux de neurones analysant l'environnement filmé par deux caméras.

Mais la communauté scientifique s'est longtemps désintéressée de ce type de travaux concernant les réseaux de neurones artificiels (réseaux convolutifs), approche qui, même s'il en existe d'autres, est devenue quasi synonyme de *deep learning*. Ces réseaux convolutifs ▶

100 000 heures de données
ont servi à l'apprentissage initial de l'algorithme de reconnaissance de langage Deep Speech, du moteur de recherche chinois Baidu.

4,94 %
Le taux d'erreurs
atteint par un réseau de neurones de Microsoft Research en février 2015 pour le concours ImageNet de reconnaissance d'objets dans une image.

NVIDIA

« Nous reproduisons le principe des connexions entre différentes zones du cerveau pour connecter entre elles des données ou des caractéristiques »
Jeff Dean, responsable de la recherche sur le *deep learning* chez Google

ont une particularité : ils renvoient à un système de calcul dit en couches successives — d'où la notion de profondeur (*deepness*) — qui s'inspire du cerveau humain, même s'il reste loin d'en mimer toute la complexité. *« Nous reproduisons le principe des connexions entre différentes zones du cerveau*, précisait ainsi Jeff Dean, responsable du groupe de recherche sur le sujet chez Google, lors de la GTC de Nvidia. *Dans nos travaux, les connexions neuronales sont représentées par des connexions entre des données ou des caractéristiques. »* Ces données peuvent être extrêmement primitives, comme des pixels, des ondes sonores ou des phonèmes. La machine « ingurgite » ces informations simples puis met en route un premier neurone (une fonction mathématique) qui opère un calcul. Le produit de celui-ci sert d'entrée à la couche suivante, d'où sortira un nouveau résultat exploité par la troisième couche, et ainsi de suite… jusqu'au résultat final. *« Le nombre de couches peut être très important, de l'ordre de dix, vingt, vingt-cinq »*, note Bernard Ourghanlian, responsable technique et stratégique chez Microsoft France.

On quantifie jusqu'aux interactions sociales

À chaque étape, l'algorithme isole une caractéristique majoritaire, sans tenir compte du reste. Ainsi, s'il s'agit d'une image, il va d'abord repérer que le rouge, par exemple, en est la couleur dominante ; puis il isolera des formes, certains angles. *« Le neurone se déclenche à partir d'un certain seuil, et c'est ce seuil que la machine apprend à déterminer*, ajoute Colin de la Higuera, directeur adjoint du Laboratoire d'informatique de Nantes Atlantique (université de Nantes). *Le rôle de l'informaticien est de spécifier comment le programme va procéder ; par exemple, en reconnaissance d'image, il fera en sorte que le déclenchement se fonde sur l'observation de pixels proches les uns des autres. »*

Selon Yann LeCun, trois évolutions majeures expliquent l'intérêt nouveau pour les réseaux de neurones artificiels. *« D'abord l'apparition, il y a moins de dix ans, de nouveaux algorithmes d'apprentissage, développement de méthodes qui existaient depuis longtemps ; ensuite la mise au point d'ordinateurs puissants à base de GPU* [processeur graphique], *une carte GPU étant capable de traiter 10 000 milliards d'opérations par seconde ; enfin, la constitution de bases de données massives utilisables pour entraîner ces systèmes. »* Ce dernier facteur explique pourquoi des sociétés comme Google, Facebook, Microsoft ou le moteur de recherche chinois Baidu, grands collecteurs de données, sont en pointe sur le sujet. *« Le champ des applications s'est considérablement étendu. On quantifie de plus en plus de choses. Cela va jusqu'aux interactions sociales !* explique Damien Cudel, chef de marché plate-forme applicative chez Microsoft France. *Et plus on dispose de données, plus le risque de sur-apprentissage des algorithmes est minimisé. »* Autrement dit, ceux-ci continuent d'être pertinents lorsqu'on leur fournit de nouvelles données, ce qui n'est pas toujours le cas quand l'al-

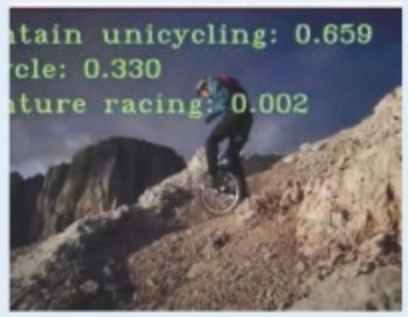
AUTONOMIE

Six tâches pour lesquelles les ordinateurs peuvent déjà progresser seuls

SKYPE

TRADUIRE

La traduction en quasi-temps réel est désormais possible grâce au *deep learning* de Microsoft qui, pour le français, en a équipé le logiciel de conversation vocale en ligne Skype en juin 2015. Des phases de test servent à l'apprentissage du logiciel, qui s'améliore au fil de son utilisation par les internautes. Pas seulement pour la traduction, mais aussi pour la reconnaissance du langage.



GOOGLE

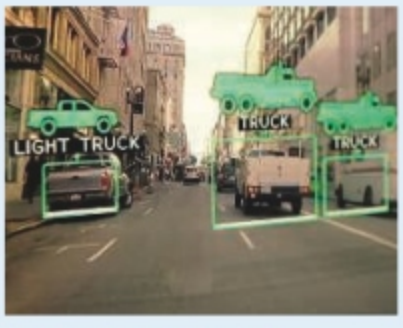
RECONNAÎTRE UNE ACTION SUR UNE VIDÉO

Analyser et nommer instantanément une action filmée en vidéo : c'est l'exploit réalisé en avril par Google lors d'une démonstration. Le logiciel apprend à reconnaître à la fois les objets et les mouvements relatifs par exemple à une activité sportive.

COURTESY J. BENGIO

« Le véritable défi, c'est l'apprentissage non supervisé : faire en sorte que la machine apprenne sans que nous ayons à tout lui expliquer ! »

Yoshua Bengio, spécialiste en intelligence artificielle à l'université de Montréal



NVIDIA

AIDER À MIEUX CONDUIRE

Identifier ce qui se passe sur la route en analysant en temps réel des films vidéo : Nvidia, qui développe cette technologie, a présenté en janvier dernier son ordinateur de bord Drive PX. Une étape de plus franchie au service de la voiture autonome.

JIM WILSON/REDUX.REA

CAPTER DES VISAGES

En parvenant à isoler des chats et des visages, sans en avoir reçu l'ordre, parmi 10 millions d'images extraites de vidéos YouTube, un algorithme de Google a réalisé une première en 2012. La précision était de 81,7 % pour les humains et de 74,8 % pour les félins.

CONNIE ZHOU/AP/SIPA

PRÉVENIR LES PANNES

La maintenance des datacenters sera bientôt automatique à en croire Andrew Ng, ancien ingénieur de Google désormais au service de Baidu, le moteur de recherche chinois. Les algorithmes anticiperont les pannes en « apprenant » comment se comportent ces installations informatiques.

THORNE BRANDT

CRÉER DES ILLUSIONS

Quand les algorithmes ont des hallucinations... Des ingénieurs de Google ont utilisé des réseaux de neurones capables de produire des images à partir d'autres images. Entraîné à reconnaître telle ou telle forme, l'algorithme sait en retrouver l'esquisse par exemple dans une vue de paysage, et en accentue les contours pour mieux la faire ressortir.

gorithme est ajusté à un jeu de données réduit au départ.
Les premiers progrès significatifs portent en 2011 sur la reconnaissance de la parole, fondée sur des méthodes relevant du traitement du signal, mais pas encore sur la compréhension de mots et de phrases. Puis, en 2012, un pas décisif est franchi lors de l'ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge, un concours annuel au cours duquel des équipes de recherche appliquent leurs algorithmes de *deep learning* à une vaste base d'images (ImageNet). L'ordinateur est alors censé fournir une description textuelle d'une image qui lui est soumise, telle que « enfant tenant une peluche ». Alors que le taux d'erreur oscillait jusqu'alors autour de 25 %, Geoffrey Hinton, alors à l'université de Toronto (Canada) et actuellement chez Google, a abaissé ce taux à 15 % en utilisant les réseaux convolutifs associés à des GPU. Depuis, cette marge n'a cessé de chuter et, pour la première fois, une machine s'est révélée plus performante qu'un être humain en 2015 ! Les avancées sont telles dans le secteur de la reconnaissance d'images que les chercheurs travaillent désormais sur la segmentation sémantique. *« Cela consiste à étiqueter chaque pixel d'une image avec la catégorie dont relève ce pixel,* note Yann LeCun. *En vue, par exemple, du pilotage automatique des voitures : on peut en effet étiqueter "panneau", "route", "voiture", etc., sur une image de la route. »*

L'aide au diagnostic, domaine émergent

L'imagerie médicale, avec la possibilité pour la machine de « voir » en volume, ou l'aide au diagnostic sont également des domaines émergents pour le *deep learning*, de même que l'industrie pharmaceutique, les chercheurs ayant bon espoir d'anticiper ainsi l'action d'une molécule. Les fabricants Qualcomm ou Synopsys ont par ailleurs annoncé travailler sur des puces embarquant des algorithmes de *deep learning* prêtes à être intégrées dans des smartphones, des caméras, des lunettes façon Google Glass.
« Mais le véritable défi, c'est ce que l'on appelle l'apprentissage non supervisé : faire en sorte que la machine comprenne sans que nous ayons à lui expliquer tout ! assure Yoshua Bengio, de l'université de Montréal (Canada). *Pour l'instant, par exemple, pour qu'un ordinateur reconnaisse une image, il faut lui dire ce qu'elle est ou ce qu'elle n'est pas : les images sont ainsi "étiquetées". C'est un peu énervant de tout décrire au préalable. Or, si l'on veut que la machine acquière du sens commun, on ne peut pas le faire de manière supervisée. »* C'est toute la faculté à généraliser, à déduire, dont fait preuve l'homme grâce à son expérience, qui manque encore à l'ordinateur. Ainsi, ceux qui s'inquiètent des avancées de l'intelligence artificielle peuvent respirer... pour quelque temps encore. Avant que les machines franchissent les dernières étapes. ■

POUR EN SAVOIR PLUS

Le *deep learning* sur le blog Statistiquement Vôtre de *Sciences et Avenir* :
▸ **http://sciav.fr/1MMJz3V**

L'apprentissage automatique selon le blog Binaire :
▸ **http://sciav.fr/1MaPPCC**

Fonctionnement de Skype Translator (en anglais)
▸ **http://sciav.fr/1eSMDwL**

Marina Zannoli, spécialiste en sciences cognitives, université de Berkeley, Californie (États-Unis)

« Les casques de réalité virtuelle, un défi technologique »

Les casques 3D seront une tendance lourde de la high-tech dans les années à venir. Mais si les techniques d'immersion dans un univers virtuel ont progressé, de nombreux freins persistent. Décryptage.

Depuis la création de la société américaine Oculus VR en 2012, on assiste à une explosion du marché des casques de réalité virtuelle, qui permettent de s'immerger dans un univers en 3D. En quoi cela consiste-t-il ?
Le concept de réalité virtuelle n'est pas nouveau : il a émergé durant les années 1950 dans la littérature de science-fiction. Cependant, il a fallu attendre la fin des années 1980 pour voir apparaître les premiers systèmes d'interface virtuelle. À l'époque, ceux-ci étaient chers, peu maniables, et avaient des applications limitées. Ce sont les innovations récentes dans le domaine de l'électronique grand public (miniaturisation, portabilité, affichage à haute résolution, etc.) qui ont permis le développement de systèmes performants à un coût plus accessible, et ont par conséquent favorisé l'essor et le renouveau de la réalité virtuelle.

Cette technologie n'a pas encore vraiment atteint le grand public. Est-ce en raison de limites technologiques ?
La conception d'un système de réalité virtuelle pose effectivement une multitude de défis techniques. Tout d'abord, il faut, en temps réel, parvenir à enregistrer les mouvements de l'utilisateur, calculer des images stéréoscopiques à partir de chaque nouveau point de vue et les afficher instantanément. De plus, afin d'obtenir une qualité d'image similaire à celle des écrans de télévision HD actuels, un casque de réalité virtuelle devrait avoir une résolution au moins cinq fois supérieure et un taux de rafraîchissement deux à trois fois plus rapide que ce qui existe aujourd'hui. Or, un manque de précision spatiale ou temporelle dans l'affichage des images stéréoscopiques entraîne des artefacts visibles et gênants pour l'utilisateur.

On évoque aussi des sensations de malaise dues à une utilisation prolongée. Comment y remédier ?
Cette sensation est effectivement un frein, pour l'instant. L'inconfort est provoqué par un conflit sensoriel entre les informations provenant de deux systèmes, visuel et vestibulaire (contribuant à la sensation d'équilibre et de mouvement). Lorsque l'utilisateur du casque se déplace dans un environnement virtuel tout en restant statique dans la réalité, il éprouve un malaise similaire au mal des transports. De même, un conflit entre les mouvements de convergence des yeux — permettant de fixer notre regard sur des objets à différentes profondeurs — et les changements d'accommodation (de mise au point) de l'œil provoquent de la fatigue visuelle et des nausées. Lorsque nous regardons un film stéréoscopique, notre système visuel fait varier la convergence afin d'explorer l'image, alors que l'accommodation reste fixée à la distance de l'écran afin de produire une image nette. Pour réduire les effets indésirables de ces conflits sensoriels, il faut mieux comprendre comment le cerveau intègre les informations envoyées par nos organes.

▸ **Les rencontres Immersion 2015** (réalité virtuelle, hologrammes, robotique, jeux neuronaux…) auront lieu à Paris du 7 au 10 septembre 2015. Programme complet sur **http://summit.immersiveeducation.org/**

Peut-on réduire le concept d'immersion à ce que permet l'usage d'un casque ?
Le concept d'immersion est vaste et mal défini. Il se réfère à la sensation d'être présent dans un environnement non physique. D'un point de vue neuroscientifique, il est essentiel de comprendre quelles informations

« Dans un futur proche, l'usage de la réalité virtuelle pourrait s'étendre à la communication interpersonnelle, au télétravail mais aussi à la médecine »

PHOTO CATHERINE KARNOW POUR SCIENCES ET AVENIR

sensorielles sont nécessaires pour obtenir cette expérience immersive et de savoir comment mesurer et quantifier cette sensation. Car plus la stimulation sensorielle est riche, plus la sensation d'immersion est importante. Or la plupart des systèmes actuels sont exclusivement audiovisuels. Il faudrait y adjoindre par exemple des stimulations tactiles ou vestibulaires. Il y a donc encore beaucoup de travail de recherche pour réduire ces conflits.

BIO EXPRESS

1985 : Naissance à Bordeaux
2009 : Master de sciences cognitives, École normale supérieure (Paris)
2012 : Doctorat de sciences cognitives, université Paris-Descartes
2015 : Chercheuse à l'université de Californie à Berkeley (États-Unis)

Les principaux acteurs du secteur sont majoritairement tournés vers le jeu vidéo. Quels autres usages peut-on imaginer ?
Les nouveaux systèmes de réalité virtuelle sont calqués sur le modèle actuel de consommation de divertissement. Le jeu vidéo représente en effet un point d'entrée stratégique : c'est une industrie lucrative qui est portée par des utilisateurs friands d'innovations technologiques. Ainsi, Sony, HTC et Oculus VR ont annoncé la commercialisation de casques grand public courant 2016, pour un prix estimé entre 350 € et 500 €. À l'heure actuelle, une version développeur (« *DK1* » et « *DK2* ») du casque Oculus VR est disponible aux alentours de 300 €. On peut également se procurer des systèmes pour smartphone (Samsung Gear VR ou Google Cardboard). La réalité virtuelle est déjà utilisée à petite échelle pour l'entraînement militaire ou encore dans certaines installations artistiques. Dans un futur proche, son usage pourrait s'étendre à la communication interpersonnelle, au télétravail mais aussi à la médecine : je pense notamment aux simulations pour l'entraînement des chirurgiens, à des exercices de kinésithérapie, au traitement des phobies, etc. Sans oublier l'ingénierie civile et militaire, l'architecture, ou encore le cinéma.

Est-ce que la réalité virtuelle peut servir d'outil ou d'objet de recherches plus fondamentales ?
La réalité virtuelle est déjà utilisée en recherche fondamentale depuis une vingtaine d'années. C'est un outil fabuleux pour étudier la cognition spatiale, la locomotion, ou encore la proprioception [la perception de la position des différentes parties du corps]. L'arrivée de systèmes personnalisables à des prix abordables devrait permettre de réaliser des études à plus grande échelle, par exemple, pour comprendre certains troubles visuels (strabisme, amblyopie) et développer des thérapies adaptées à chaque patient. La réalité virtuelle pourrait aussi être un formidable outil éducatif pour enseigner des concepts impliquant la compréhension dans l'espace (physique, biologie, etc.). ■

Propos recueillis par Khanh Dao Duc
@kdaoduc

Une voiture piratée à distance

Le conducteur d'une Jeep Cherokee a assisté, impuissant, à la prise de contrôle de son véhicule par des hackers.

WHITNEY CURTIS FOR WIRED

Les deux pirates, Charlie Miller et Chris Valasek, sont en fait des experts en informatique soucieux de démontrer les failles de sécurité des équipements de bord.

Pas moins de 1,4 million de véhicules ont été « rappelés » à travers le monde par le groupe Chrysler (Jeep, Dodge, Ram trucks) fin juillet. Un joint défaillant à changer ? Des pneumatiques trop peu résistants ? Pas du tout. L'objectif consistait à remettre à tous les propriétaires... une clé USB contenant une mise à jour logicielle pour corriger un défaut de sécurité de l'ordinateur de bord Uconnect. Ce rappel inédit est en effet la conséquence d'un reportage spectaculaire réalisé quelques jours plus tôt par le magazine américain *Wired* et diffusé sur son site Internet. Deux pirates informatiques montraient qu'il était possible de prendre à distance le contrôle de diverses fonctions d'une Jeep Cherokee : le conducteur — averti de l'intervention des *hackers* sans pour autant en connaître la nature — a vu soudain les essuie-glaces, la ventilation et l'autoradio se mettre en fonctionnement... mais aussi, plus grave, l'accélérateur.

L'ordinateur Uconnect, conçu pour les véhicules du groupe Fiat Chrysler, est connecté à Internet. Il gère la navigation, la radio, les téléchargements, la commande vocale, les appels téléphoniques et peut servir de borne Wi-Fi. Or, les pirates ont démontré qu'une faille dans la connexion permet d'entrer dans le système informatique, d'y implanter un morceau de code malveillant et de manipuler ensuite le véhicule en passant par un composant (bus CAN) auquel sont reliés les différents éléments informatisés de la voiture.

Ils ont opéré à 10 km de distance du véhicule

La démonstration de *Wired* n'est pas totalement une surprise : les deux *hackers* sollicités, Charlie Miller et Chris Valasek, sont en effet deux experts en sécurité informatique connus pour avoir déjà mené des expériences du même genre destinées à alerter les constructeurs automobiles. Il y a toutefois une nouveauté : jusqu'alors, leurs tests se déroulaient pendant qu'ils se trouvaient à l'intérieur des véhicules visés (Ford Escape, Toyota Prius), ordinateur sur les genoux, pour déclencher leurs attaques contre le conducteur. Cette fois, ils ont opéré à une dizaine de kilomètres de distance, tandis qu'un journaliste au volant de la Jeep Cherokee roulait sur une autoroute. Ce qui prouve que les pirates ont désormais davantage de marge de manœuvre dans un rayon d'action beaucoup plus large. Estimant que, ces failles de sécurité étant connues, le groupe Chrysler et Harman, fabricant de Uconnect, auraient dû réagir plus tôt, trois automobilistes ont lancé un recours collectif en justice. ■

Arnaud Devillard

SANTÉ

Les pompes à perfusion aussi...

L'agence américaine du médicament (FDA) a recommandé en juillet aux hôpitaux de cesser d'utiliser la pompe informatisée Symbiq de la société Hospira. Un expert américain en sécurité informatique a découvert, en effet, que cette pompe comporte un défaut de sécurité qui pourrait être exploité par une personne mal intentionnée ayant accès au réseau informatique de l'hôpital. Elle permettrait de modifier les seuils limites d'un dosage qu'un patient est censé recevoir, voire le dosage lui-même ! Quatre autres modèles souffriraient du même problème mais ne sont pas mentionnés par la FDA.

SINGULARITY EDUCATION GROUP

Ray Kurzweil et Peter Diamandis, les cofondateurs de la Singularity University, ici dans une salle de classe, dans la Silicon Valley, en Californie (États-Unis).

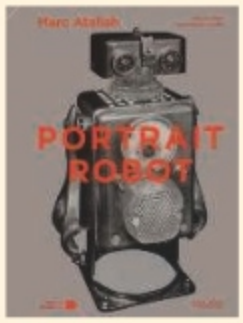
L'université de la Singularité s'installe à Paris

Financée par Google, cette école californienne entend promouvoir une « nouvelle vision » de la science et de la technologie en France.

DANS UN LIEU ENCORE TENU SECRET, avec des partenaires financiers et politiques qui le sont tout autant, l'« université de la Singularité » (SU), financée par Google, s'installe à Paris le 15 septembre. Une première pour cette école californienne, non académique, créée en 2009 par Peter Diamandis, directeur de la fondation X Prize, et Ray Kurzweil, directeur de l'ingénierie chez Google. Installée sur le campus de la Nasa au cœur de la Silicon Valley, elle dispense chaque été dix semaines de cours intensifs à 80 étudiants de tous âges et nationalités. Sa mission : *« Éduquer, inspirer et donner aux leaders la possibilité d'appliquer les technologies exponentielles pour traiter les grands challenges de l'humanité. »* Avec cette première « annexe » à l'étranger, la SU entend former de jeunes Français à *« impacter le futur ». « La connaissance technologique et scientifique est déjà présente en France mais elle a besoin d'une nouvelle vision »*, affirme le futur responsable Zak Allal, médecin formateur à la SU, qui a créé une start-up de préservation des organes. Au programme : *« Des conférences sur les technologies émergentes et exponentielles, afin de former une communauté d'où émergeront des talents »*, poursuit-il. Un concours national pour l'octroi d'une bourse de 35 000 euros — coût des cours d'été dans la Silicon Valley — sera aussi lancé. *« Tous les profils seront pris en compte, incluant philosophie, sciences sociales, droit, médecine, en plus des classiques ingénieurs, entrepreneurs, etc. »* Peu d'informations ont filtré sur son organisation, sinon que la promotion 2015-2016 développera notamment un projet scientifique révélé seulement le jour de l'ouverture. ■

Elena Sender

Portrait robot



Marc Atallah, Favre, 192 p., 19 €

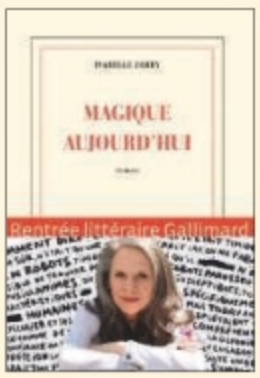
Terminator ? Z-6PO ? Asimov ? Répliquant ? Astroboy ou encore Goldorak ? Si ces noms-là vous parlent, c'est que vous êtes probablement amateur de robots. Mais savez-vous vraiment ce qu'ils disent de l'être humain, ce qu'ils représentent, quelle est leur symbolique ? Cet ouvrage nous immerge dans la culture de ces machines, de la plus populaire à la plus élitiste. Superbement illustré, ses images résument parfaitement l'évolution de notre perception des robots à travers le temps. ■ **O. H.**

Le jour où mon robot m'aimera
Vers l'empathie artificielle

Serge Tisseron, Albin Michel, 208 p., 16 €

Que ce soit sur un champ de bataille, au travail, à l'hôpital ou à la maison, les robots multiformes et multifonctions seront bientôt parmi nous. Dotés pour certains de traits humanoïdes, mais aussi d'empathie, d'émotions et de sentiments artificiels, ils seront programmés pour s'intégrer parfaitement à nos vies. Quels seront nos rapports avec eux ? Puisqu'ils répondront à toutes nos attentes, finirons-nous par les préférer aux humains ? L'auteur, psychiatre et psychanalyste, questionne nos futures relations avec ces êtres artificiels. Saisissant. ■ **E. S.**

Magique aujourd'hui



Isabelle Jarry, Gallimard, 330 p., 20 €

Tim vit avec son ami Today, un robot doué de pensée autonome, ému par le chant des oiseaux et soupirant parfois de tristesse. Mais le jeune homme est atteint d'addiction, et une instance de surveillance l'envoie *manu militari* en cure de déconnexion dans un hameau reculé, loin de son robot. Il y fera l'expérience douloureuse de la solitude et du retour sur soi. Calé dans un Grand Paris suffisamment proche du nôtre pour que l'on puisse s'y projeter, ce roman d'anticipation explore en finesse nos relations avec les machines. ■ **A. De B.**

ZIMBABWE NATIONAL PARKS/AFP

La chasse aux grands fauves est un business très lucratif dont profitent certains États africains comme le Zimbabwe et l'Afrique du Sud.

Des fauves sont-ils spécialement élevés pour la chasse en Afrique ?

CONTEXTE Un lion appelé Cecil, emblématique du parc national Hwange au Zimbabwe, a été abattu par un chasseur américain en juillet, provoquant la colère des défenseurs de la faune sauvage.

Avec sa célèbre crinière noire, Cecil le lion était la mascotte du parc national Hwange du Zimbabwe. Sa vie a pris fin en juillet sous les flèches d'un dentiste américain, qui aurait payé 50 000 euros pour acquérir légalement le droit d'abattre le fauve à l'arc. Le chasseur, attisant la colère des défenseurs de la cause animale, a été en retour victime d'une véritable chasse aux sorcières sur les réseaux sociaux. Car si la législation du Zimbabwe — comme celle de l'Afrique du Sud et de la Namibie — autorise bel et bien la chasse aux trophées dans des réserves privées, elle l'interdit dans les parcs nationaux. L'animal a donc, au préalable, été délibérément attiré en dehors de cette zone par des intermédiaires peu scrupuleux, pour que le chasseur puisse l'abattre après une traque de plus de 40 heures.

La chasse aux grands fauves est en effet un business très lucratif en Afrique, en particulier pour les gouvernements qui profitent de cet apport financier. Au Zimbabwe, ce commerce a ainsi généré 69 millions de dollars en 2014, taxés à hauteur de 30 % environ. *« 66 % des décès de lions mâles sont dus à cette activité »*, affirme Marion Valeix, écologue au CNRS et chercheuse associée à l'université d'Oxford qui a participé à l'analyse des données issues des colliers GPS équipant certains lions du parc Hwange. C'est d'ailleurs à un véritable élevage que s'adonnent certains pays, comme l'Afrique du Sud, où 8 000 lions vivraient en captivité. Ils seraient ensuite relâchés pour être abattus par les riches clients internationaux de nom-

breuses sociétés organisatrices qui agissent comme intermédiaires avec les autorités du pays. 800 fauves auraient ainsi été tués en 2014 en Afrique du Sud, à en croire les réalisateurs Bruce Young et Nick Chevallier qui ont mené une enquête durant deux années.

Un vivier pour certains zoos dans le monde

Dans le documentaire *Blood Lions*, présenté au festival international du film de Durban (Afrique du Sud), ils dénoncent cet élevage à une échelle presque industrielle. *« Le plus grand défi a été de parvenir à explorer une industrie qui a la culture du secret, et qui entoure ses propriétés privées de barrières très hautes*, expliquent-ils à *Sciences et Avenir*. *Nous avons dû trouver des informateurs de l'intérieur, enquêter sur place. Filmer n'était pas simple, puisque nous n'étions pas les bienvenus dans les domaines d'élevage et de chasse. Nous avons dû nous cacher pour filmer, et obtenir des séquences vidéo tournées de l'intérieur, de la part de gens travaillant au sein de cette industrie. »*

Ces élevages serviraient-ils également à alimenter les zoos du monde ? Fin 2014, avant l'affaire du massacre du lion Cecil, le Zimbabwe avait déjà été mis à l'index pour avoir exporté des douzaines de jeunes éléphants vers un parc animalier peu scrupuleux en Asie. Jacques Rigoulet, ancien directeur de la ménagerie du Jardin des Plantes à Paris, se veut rassurant : *« Nous avons connaissance de l'existence de ce type de fermes en Afrique, mais nous refusons d'alimenter un tel système. Nos lions sont tous nés dans des parcs européens »*, assure-t-il. ■

Sarah Sermondadaz
@datisdaz

LE MOT DU MOIS

Loxosceles reclusa

Trois femmes vivant dans le Languedoc-Roussillon ont subi une opération pour effacer des traces de nécrose de la peau apparues après qu'elles ont été mordues en juillet par une araignée désignée comme une recluse brune (*Loxosceles reclusa*). Or cet arthropode de 1,5 cm, originaire d'Amérique du Nord, *« n'a jamais été trouvé en France »*, assure Christine Rollard, aranéologue au Muséum national d'histoire naturelle. En analysant un spécimen envoyé par l'hôpital de Nîmes, qui a traité l'une des trois victimes, la spécialiste a identifié une espèce bien distincte *« du même genre que la recluse brune, nommée* Loxosceles rufescens, *bien présente sur le pourtour méditerranéen »*. Les réactions au venin, très variables selon les individus, sont généralement bénignes. Mais *« des nécroses plus ou moins étendues peuvent apparaître, avec une guérison plus lente pouvant aller jusqu'à nécessiter une intervention chirurgicale »*. Ces cas graves ne représentent que 10 % des morsures répertoriées dans le monde. ■ L. L.

@LysLoume

Pourquoi Solar Impulse est-il cloué au sol ?

CONTEXTE L'avion solaire Solar Impulse 2 a dû interrompre son tour du monde, commencé en mars. Il est désormais bloqué à Hawaii pour six mois en raison d'avaries techniques.

J. REVILLARD/AP/SIPA

Le périple s'est arrêté au terme de la 8e des 12 étapes prévues.

En un peu moins de cinq jours et cinq nuits, entre le 28 juin et le 3 juillet, l'avion Solar Impulse 2, fonctionnant exclusivement à l'énergie solaire, a effectué la traversée entre le Japon et Hawaii (États-Unis) au cœur de l'océan Pacifique. Un record du monde, puisque l'engin est resté en vol pendant 117 heures et 52 minutes. Son pilote André Borschberg, 62 ans, qui n'a pu dormir qu'une vingtaine de minutes consécutives, a raconté avoir pu affronter ce qu'il considère également comme *« un voyage intérieur »* grâce au yoga et à la méditation. Mais si le facteur humain a tenu bon, le matériel, lui, a beaucoup souffert. Et le 15 juillet, l'équipe de Solar Impulse a annoncé que l'appareil devra rester au sol jusqu'en… 2016.

Surchauffe des batteries

« Durant la première ascension du premier jour, la température des batteries a augmenté […] *et il n'a pas été possible de la faire redescendre pendant le reste du vol*, a indiqué le second pilote, le Suisse Bertrand Piccard, initiateur de l'aventure. *La température des batteries pendant des ascensions et descentes rapides sous des climats tropicaux n'avait pas été correctement anticipée. »* L'appareil sera stocké dans le hangar de l'université de Hawaii, à l'aéroport de Kalaeloa. Mais les réparations prendront des mois, si bien que le tour du monde débuté en mars 2015 ne reprendra qu'en avril 2016. Rappelons que les promoteurs du projet, qui veulent prouver qu'il est possible de voler jour et nuit avec l'énergie solaire stockée pendant la journée, ont déjà à leur actif le premier vol intercontinental vers le Maroc en 2012 et à travers les États-Unis en 2013. Une fois réparé, l'avion solaire devra rejoindre New York, puis revenir à son point de départ, Abou Dhabi, pour boucler son périple. Mais encore faudra-t-il pour cela réunir 20 millions d'euros supplémentaires, selon une *« première estimation »* de Bertrand Piccard. Cette somme est destinée à couvrir les salaires de 150 personnes ainsi que la logistique et le matériel pour fonctionner en 2016, comme l'a précisé l'équipe à l'AFP. Elle s'ajoutera aux 20 millions déjà dépensés en 2015. Ce budget est financé par des sponsors et des mécènes privés. *« Je crois que le succès de la première partie du projet était tel qu'il ne sera pas difficile de trouver l'argent »*, estime Bertrand Piccard, rentré depuis en Europe ainsi qu'André Borschberg. ■

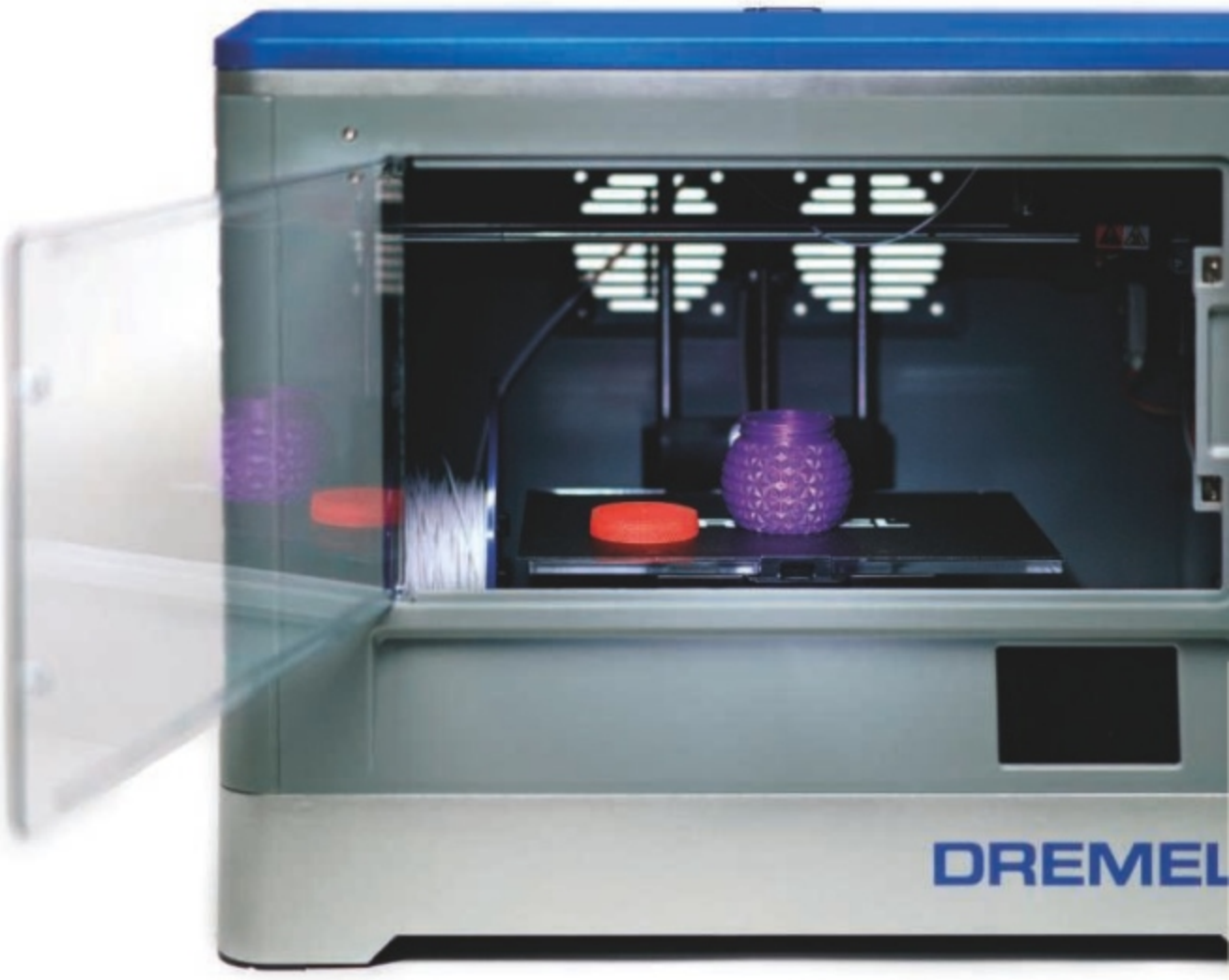
Olivier Lascar
@olascar

LES IMPRIMANTES 3D

Par Henri-Pierre Penel

Du monde virtuel au monde réel

L'impression 3D se démocratise avec des machines à usage domestique. Elles permettent de produire son propre objet à la maison, que celui-ci soit préfiguré par un logiciel ou tout droit sorti de son imagination.



BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

Qu'est-ce qu'une imprimante 3D ?

Les imprimantes 3D, ou tridimensionnelles, permettent de réaliser concrètement un objet à partir d'un fichier de données informatiques. Pour cela, la « tête chauffante » de la machine dépose sur un plateau une faible couche d'un corps thermofusible. Celui-ci se liquéfie sous l'effet de la chaleur en suivant le tracé précis dicté, couche par couche, par l'ordinateur avant de se solidifier très rapidement dès que la température baisse. En utilisation domestique, on peut ainsi fabriquer essentiellement de petits objets (coque de protection pour portable, par exemple).

« Imprimer » un objet est-il facile ?

Créer un objet tout droit sorti de son imagination nécessite de maîtriser les bases des logiciels de CAO (conception assistée par ordinateur) en 3D. Les imprimantes domestiques fournissent une bibliothèque d'objets « préconçus » accompagnée d'un logiciel d'expérimentation. On peut ainsi « recopier » l'objet proposé, avec pour seule liberté d'en modifier les proportions. Les imprimantes 3D étant compatibles avec les fichiers de données issus des programmes de CAO professionnels (AutoCad), les plus téméraires peuvent cependant trouver d'autres modèles sur des sites spécialisés. Les passionnés peuvent aussi dénicher sur Internet des logiciels (gratuits ou payants) à télécharger (Wings 3D, Autodesk 123D, Blender...). À noter par ailleurs, l'apparition de scanners 3D. Associés à une imprimante 3D, ils permettent de « photocopier » un objet.

Peut-on « recréer » une pièce mécanique cassée ou usée ?

Inutile d'espérer remplacer, par exemple, l'engrenage détérioré d'un robot ménager par sa version « imprimée » ! Les propriétés mécaniques des objets obtenus par les imprimantes 3D « grand public » ne sont pas équivalentes

à celles des pièces usinées dans différents matériaux industriels. À l'heure actuelle, l'impression 3D familiale se limite donc à la confection d'éléments de décoration ou de petits objets utilitaires : crochets, supports, pièces pour modélisme... Ces imprimantes 3D sont surtout un outil d'initiation à l'informatique pour les plus jeunes.

Filaments ABS ou PLA ?

Les imprimantes 3D grand public fonctionnent avec des filaments plastiques ABS (acrylonitrile butadiène styrène) ou PLA (acide polylactique). Certains modèles acceptent les deux indifféremment, après réglage de la température de la buse, d'autres sont réservés à l'un ou l'autre. Chaque type de filaments a en effet une température de fusion et des propriétés différentes. L'ABS résiste bien à l'eau et aux chocs, et donne aux objets une finition lisse et brillante. Mais il n'est pas biodégradable et requiert une peinture spécifique pour décorer l'objet. Le PLA, dérivé de l'amidon de maïs, est quant à lui biodégradable. Il n'émet pas de vapeurs désagréables lors de la phase d'impression et peut se peindre facilement. En revanche, il résiste mal à l'eau et à l'humidité. Des vases en PLA ne pourront accueillir que des fleurs séchées !

PRODUCTION

Les modèles professionnels vont-ils conquérir l'industrie ?

Depuis de longues années déjà, les imprimantes 3D sont présentes dans l'industrie et les laboratoires d'étude. Leur champ d'application est vaste puisqu'elles intéressent autant les designers, qui peuvent juger leur œuvre sur pièce, que les ingénieurs qui vérifient leurs données. Par ailleurs, ces machines professionnelles peuvent travailler avec des résines, des poudres métalliques, du bois... voire de la matière vivante (cellules). Il est ainsi possible de réaliser des prototypes fonctionnels aux propriétés mécaniques identiques à celles des produits définitifs. Cependant, leur usage reste pour l'heure réservé au prototypage en raison du coût très élevé de production d'une pièce par rapport aux techniques de fabrication plus conventionnelles.

Peut-on réaliser des objets en couleur?

Les filaments fusibles sont disponibles en différentes teintes. Cependant, la tête d'impression et la buse chauffante ne peuvent en exploiter qu'un à la fois. Le changement de coloris ne peut donc se faire que par couche et donc par zone, ce qui rend impossible, par exemple, la coloration fine du visage d'une statuette. De plus, chaque changement de couleur réclame une intervention manuelle.

Les recharges s'usent-elles vite ?

Tout dépend des dimensions et de la forme (pleine ou creuse) de la pièce réalisée. Il est donc d'usage de tenir compte de son poids. En moyenne, une bobine de 750 g d'ABS ou de PLA permet de produire un objet de 750 g pour une quarantaine d'euros.

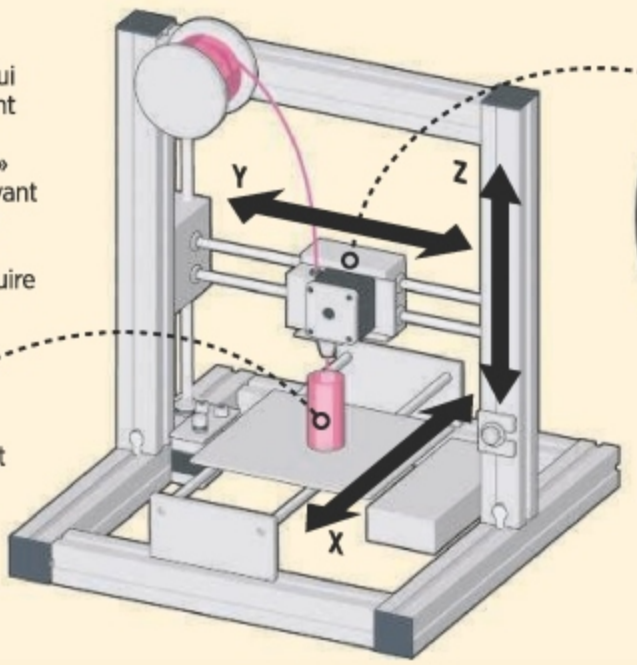
L'impression est-elle rapide ?

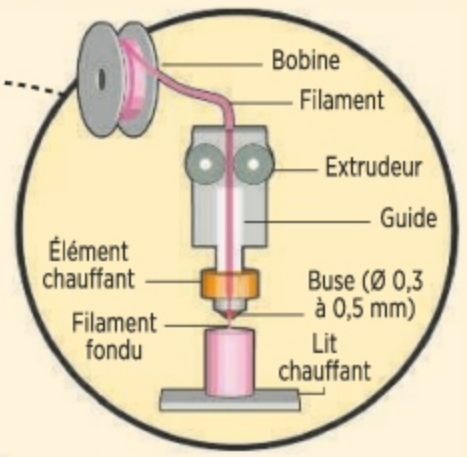
Mieux vaut être patient, car ce processus peut durer plusieurs heures ! Certains modèles affichent une estimation de la durée en fonction du fichier fourni, d'autres non.

Banc d'essai pages suivantes ▶

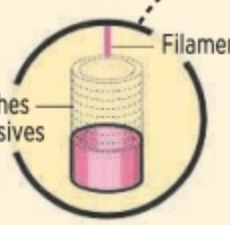
Couche après couche, l'objet prend forme

Le cœur de l'imprimante 3D est basé sur une buse qui fait fondre le fil de matière pour le déposer localement en fonction des instructions fournies par l'ordinateur. Un jeu de moteurs déplace cette « tête d'impression » latéralement, longitudinalement et verticalement suivant les trois axes X, Y et Z. Ces déplacements, également commandés par l'ordinateur, combinés au dépôt de matière ou non, permettent à l'imprimante de construire progressivement la forme souhaitée.





Dans la tête d'impression, l'extrudeur pousse le filament vers une buse, le « nez », portée à une température élevée. Après fusion, le filament se dépose sur le plateau supportant l'objet en cours d'impression.



C'est l'empilement de fines couches successives, épaisses d'environ un dixième de millimètre, qui crée le volume. Cette finesse explique la lenteur de l'impression 3D.

BETTY LAFON

LES IMPRIMANTES 3 D

	XYZ Printing Da Vinci Junior	**A4 Technologie** 3D Up Mini	**XYZ Printing** Da Vinci 1.0 Aio
Prix indicatif	399 €	757,20 €	799 €
Filament	PLA, diamètre 1,75 mm	ABS ou PLA, diamètre 1,75 mm	ABS ou PLA, diamètre 1,75 mm
Dimensions maximales objet **Résolution maximale**	150 x 150 x 150 mm 0,1 mm	115 x 115 x 115 mm 0,2 mm	200 x 200 x 190 mm 0,1 mm
Lecteur intégré	Lecteur de cartes SD	Non	Non
Connexion	USB	USB	USB
Écran	LCD monochrome	Non	LCD monochrome
Fichiers exploitables	.STL ou .3W (format spécifique de XYZ Printing)	.STL	.STL ou .3W (format spécifique de XYZ Printing)
Dimensions / poids	420 x 430 x 380 mm / 12 kg	240 x 410 x 360 mm / 6 kg	468 x 510 x 558 mm / 27,5 kg
Les plus	Lecteur de cartes SD intégré	Encombrement réduit, nombreux outils fournis	Scanner 3D intégré, cartouches de filament faciles à utiliser
L'avis SCIENCES ET AVENIR	Une imprimante d'initiation à petit prix idéale pour une utilisation domestique ou à l'école. Elle peut fonctionner sans ordinateur en exploitant directement des fichiers au format STL stockés sur une carte SD.	Une imprimante conçue pour un usage bureautique. Simple, elle est adaptée à la confection de pièces de petites dimensions. Son mécanisme est identique à celui de l'UP Plus 2 *(voir ci-dessous)*, mais avec une précision légèrement moindre.	Grâce à son scanner 3D intégré, cette imprimante fait office de « photocopieur d'objets ». Il est même possible de les modifier grâce au logiciel fourni.

	3D Solution Systems 3D Cube Gen3	**A4 Technologie** 3D Up Plus 2	**XYZ Printing** Nobel 1.0
Prix indicatif	1249 €	1419,60 €	1899 €
Filament	ABS ou PLA, diamètre 1,75 mm	ABS ou PLA, diamètre 1,75 mm	Pas de filament : stéréolithographie
Dimensions maximales objet **Résolution maximale**	152 x 152 x 152 mm 0,07 mm	140 x 140 x 135 mm 0,1 mm	128 x 128 x 200 mm 0,3 mm (X et Y) / 0,025 mm (Z)
Lecteur intégré	Port USB Host	Non	Port USB
Connexion	USB, Wi-Fi	USB	USB
Écran	Couleur tactile	Non	LCD monochrome
Fichiers exploitables	.CUBE	.STL	.STL ou .3W (format spécifique de XYZ Printing)
Dimensions / Poids	335 x 338 x 280 mm / 7,7 kg	300 x 260 x 350 mm / 4,5 kg	280 x 337 x 594 mm / 9,6 kg
Les plus	Double tête d'impression pour créations bicolores, port USB pour clé ou disque dur nomade	Livrée avec plusieurs plateaux et outils	Grande précision, port USB pour clé ou disque dur nomade
L'avis SCIENCES ET AVENIR	Grâce à sa double buse, cette imprimante permet de créer directement des objets bicolores sans intervention. Un logiciel d'impression est fourni pour créer, ou convertir, des fichiers au format .CUBE.	Dépourvue de coffret, la Plus 2 laisse admirer son travail. Pour éviter tout risque d'accident, une sécurité mesure en permanence la force appliquée par chaque moteur et vient interrompre l'impression en cas de blocage de la tête.	Cette imprimante exploite la stéréolithographie pour créer l'objet. Un faisceau laser polymérise localement la résine en surface d'un bac. Cette technique offre une plus grande finesse de détail que la fusion d'un filament.

XYZ Printing Da Vinci 1.1 Plus	**Dremel** Idea Builder
799 €	999 €
ABS ou PLA, diamètre 1,75 mm	PLA, diamètre 1,75 mm
200 x 200 x 200 mm 0,1 mm	230 x 150 x 140 mm 0,1 mm
Port USB Host	Lecteur de cartes SD
USB, Wi-Fi, réseau	USB
TFT tactile couleur 127 mm	IPS tactile couleur 89 mm
.STL ou .3W (format spécifique de XYZ Printing)	.STL
468 x 558 x 510 mm / 27 kg	400 x 485 x 335 mm / 8,8 kg
Port USB pour clé ou disque dur nomade, connexion Wi-Fi	Lecteur de cartes SD, logiciel didactique fourni
Grâce à sa connexion Wi-Fi, ce modèle peut être mis en réseau afin que plusieurs ordinateurs l'exploitent. Par ailleurs, son port USB Host l'ouvre aux fichiers stockés sur une clé USB ou un disque dur nomade.	Les modélistes connaissent bien Dremel pour ses outils de précision. La marque leur propose ici un nouveau moyen de donner vie à leurs créations. Une communauté propose même de les échanger par l'intermédiaire d'un site Internet collaboratif.

3D Solution Systems 3D Cube Pro	**A4 Technologie** 3D Up Box
2249 €	2268 €
ABS, PLA ou Nylon, diamètre 1,75 mm	ABS ou PLA, diamètre 1,75 mm
275 x 265 x 240 mm 0,07 mm	255 x 205 x 205 mm 0,1 mm
Non	Non
Wi-Fi	USB
Couleur tactile	Non
.STL	.STL
578 x 578 x 591 mm / 36 kg	485 x 495 x 520 mm / 20 kg
Possibilité d'utiliser du Nylon et d'imprimer des objets de grande taille	Facilité d'utilisation grâce ses réglages entièrement automatisés
La Cube Pro se décline en trois versions : une, deux ou trois buses. On peut ainsi créer des objets associant trois couleurs sans intervention ou interruption de l'impression.	Destiné à un usage bureautique comme sa petite sœur la 3D Up Mini *(voir ci-dessus)*, ce modèle permet l'impression d'objets de grande taille.

PNY Technologies
Objectif smartphone

PNY Technologies présente un jeu d'objectifs permettant de transformer tout smartphone en appareil photo pour amateur exigeant. De la macro au fish-eye, ces objectifs offrent une large palette de possibilités.
49,99 €

Port Designs / GO LED
Sac à dos sécurisé

Afin d'améliorer la sécurité des cyclistes, Port Designs a conçu le GO LED, un sac à dos doté d'un jeu de LED de signalisation. Piloté par une petite télécommande à fixer au guidon, il permet au cycliste de signaler clairement un changement de direction ou un arrêt.
149,99 €

Audioengine / B2
Une enceinte fidèle

Audioengine dévoile la B2, une petite enceinte Bluetooth pas comme les autres. Contrairement à la plupart de ces appareils qui tendent à exagérer le grave pour une restitution flatteuse des musiques actuelles, elle excelle dans la reproduction de la voix, de la musique classique et du jazz.
349 €

LE CIEL DE SEPTEMBRE

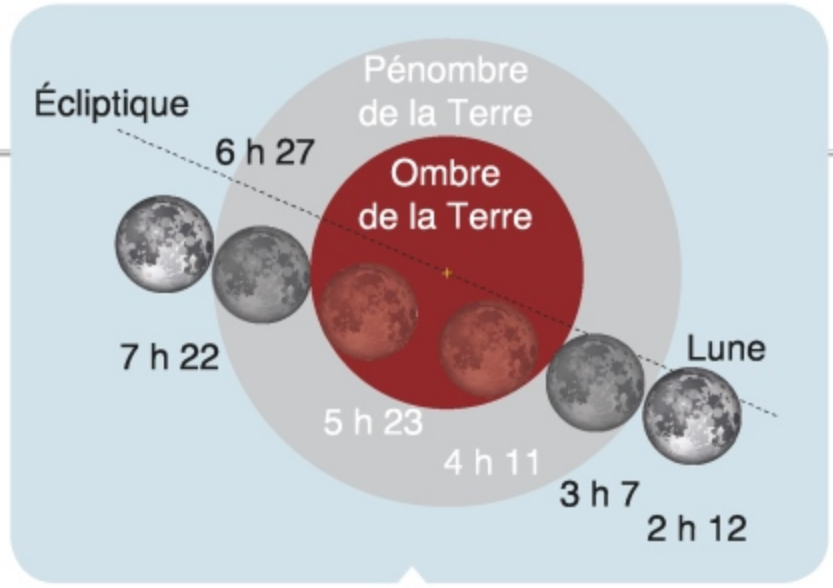
Par Johan Kieken

Où sont les planètes ?

MERCURE
La petite planète atteint sa plus grande distance angulaire à l'est du Soleil le 4, à plus de 27° de celui-ci. Malheureusement, elle ne sera pas bien observable en soirée sous nos latitudes. Ainsi, le 4, elle ne se couche que 40 minutes après l'astre du jour.

VÉNUS
L'étincelante étoile du Berger gagne chaque jour de la hauteur et devient rapidement incontournable dans le ciel du matin. Si elle ne se lève le 1er que 1 h 40 avant le Soleil, elle le fait 3 h 40 avant lui en toute fin de mois.

MARS
La planète Rouge est d'un éclat à peine supérieur à celui de l'étoile Polaire. Il est possible de la voir en fin de nuit sous la forme d'un point rougeâtre, bas vers l'est. Sa position presque centrale sur le segment joignant les brillantes Vénus et Jupiter constitue une aide à sa détection.



Les différentes phases de l'éclipse. De droite à gauche : entrée dans la pénombre, entrée dans l'ombre, début et fin de la phase de totalité, sortie de l'ombre et sortie de la pénombre.

La Lune s'éclipse

DANS LA NUIT DU DIMANCHE 27 AU LUNDI 28, il y aura une magnifique éclipse de Lune parfaitement visible à l'œil nu en France métropolitaine. Le phénomène général débutera à 2 h 12 et prendra fin à 7 h 22. La phase de totalité, durant laquelle notre satellite, obscurci, se parera d'une teinte rougeâtre, prendra place entre 4 h 11 et 5 h 23. Une éclipse de Lune ne peut avoir lieu que lorsque notre satellite, vu depuis la Terre, se situe dans la direction opposée au Soleil et qu'il se trouve donc en phase de pleine Lune.

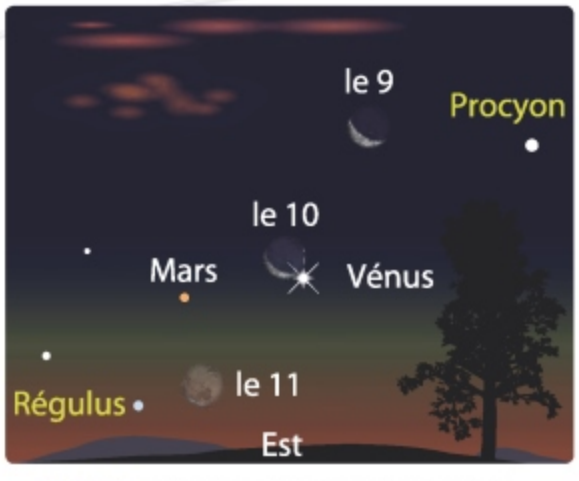
Notre conseil. Contrairement aux éclipses de Soleil, l'observation d'une éclipse de Lune ne nécessite aucun port de lunettes. N'oubliez toutefois pas de vous couvrir : les nuits peuvent être fraîches!

JUPITER
La planète géante redevient observable au petit matin vers l'est, dans le Lion. En milieu de mois, son lever ne précède celui de notre étoile que de 1 h 20 min mais en fin de mois, l'écart atteint 2 h 20.

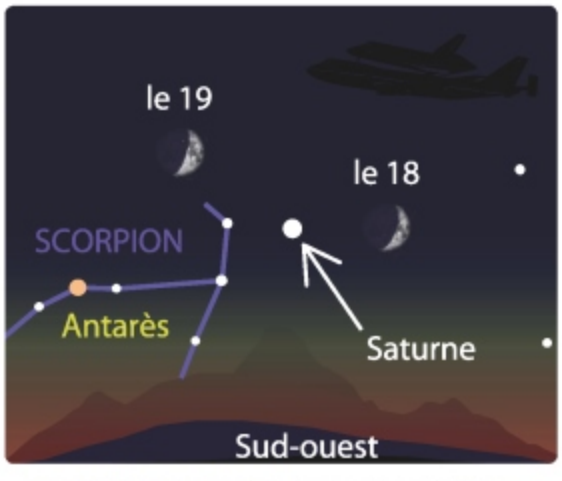
SATURNE
La planète aux anneaux est visible en soirée alors qu'elle chemine lentement vers l'horizon sud-ouest et se couche de plus en plus tôt. Elle passe sous l'horizon 3 h après le Soleil le 1er mais seulement 2 h 15 min après lui le 30.

L'appli du mois

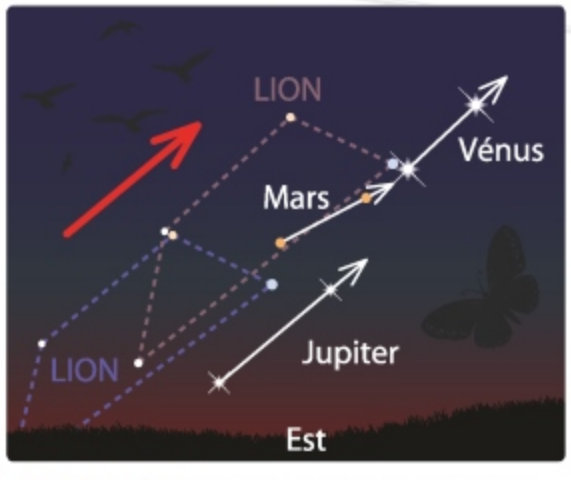
PHASES DE LA LUNE est une application gratuite fonctionnant sous Android. Très pratique, esthétique et simple d'emploi, elle montre en temps réel ou à n'importe quelle date choisie la phase de la Lune. Elle donne également sa distance à la Terre ainsi que ses heures de lever et de coucher. L'application inclut un fond d'écran animé et un widget interactif.



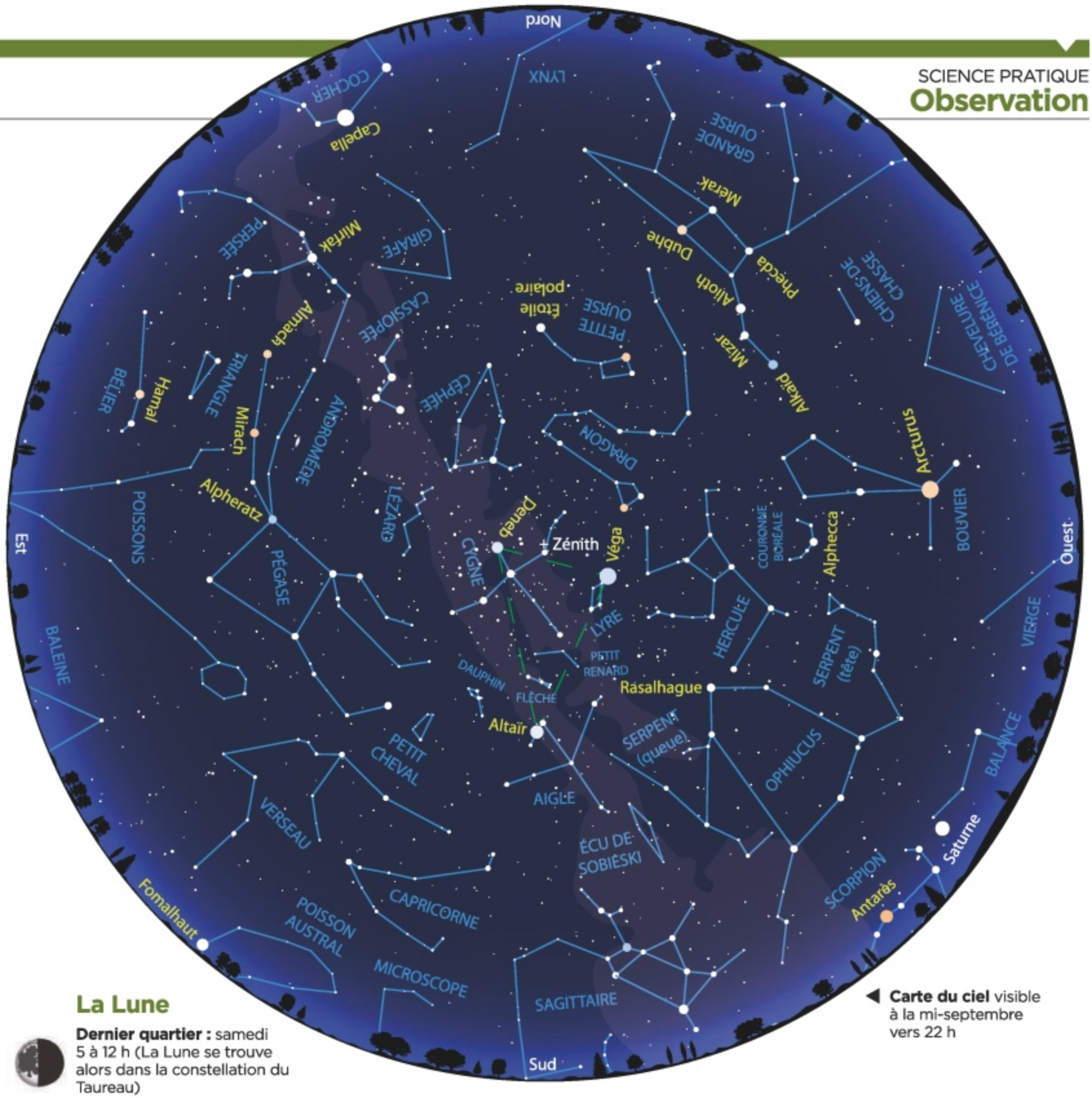
JEUDI 10, UNE HEURE AVANT LE LEVER DU SOLEIL, le dernier croissant de Lune enrobé d'une belle lumière cendrée passe à 2° de la brillante planète Vénus. Mars observe la scène à 10° de là.



LES SOIRS DU 18 ET 19, LA LUNE PASSE NON LOIN DE SATURNE. Une bonne occasion de repérer la lointaine planète avant qu'elle ne disparaisse dans le couchant au cours de l'automne.



DU 20 AU 30, LE CIEL CHANGE D'ASPECT. Une heure avant le lever du Soleil, les planètes Vénus, Mars et Jupiter ainsi que la constellation du Lion se dégagent progressivement des lueurs de l'aube.



◀ **Carte du ciel** visible à la mi-septembre vers 22 h

La Lune

Dernier quartier : samedi 5 à 12 h (La Lune se trouve alors dans la constellation du Taureau)

Nouvelle Lune : dimanche 13 à 9 h (Lion)

Premier quartier : lundi 21 à 11 h (Sagittaire)

Pleine Lune : lundi 28 à 5 h (Poissons)

Occultation d'Aldébaran du Taureau par le dernier quartier de Lune vers 7 h le matin du samedi 5 septembre.

Le Soleil

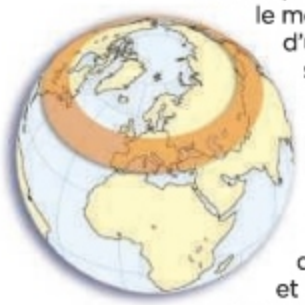
(à Paris)	Lever	Coucher
1er septembre	**7 h 07**	**20 h 34**
30 septembre	**7 h 48**	**19 h 33**

Éclipse partielle du Soleil le 13, invisible en France métropolitaine.

Équinoxe d'automne le 23 à 10 h

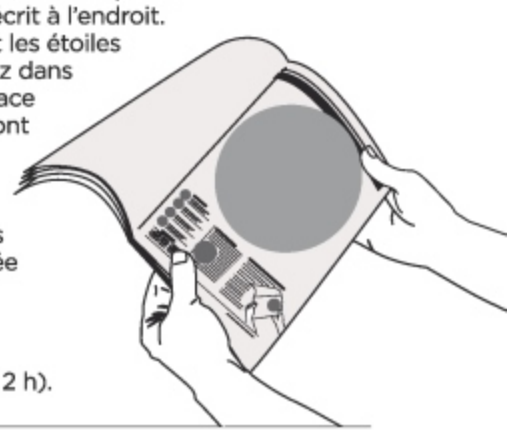
D'où voir le ciel

Notre carte tracée pour une latitude de 47° nord montre le ciel visible en France métropolitaine, et plus largement en Europe et dans le monde, à l'intérieur d'une bande s'étendant de 40 à 54° de latitude nord. Si vous êtes au nord du 47e parallèle, l'étoile Polaire sera plus haute dans votre ciel et plus basse dans le cas contraire.



Comment utiliser cette carte

Faites tourner votre magazine sur lui-même, de façon à ce que le nom de la direction dans laquelle vous observez soit écrit à l'endroit. Les constellations et les étoiles que vous retrouverez dans le ciel qui vous fait face sont toutes celles dont le nom est lisible sans trop pencher la tête. La position des planètes visibles à l'œil nu est indiquée pour le 15 du mois.



Les heures sont données en heure légale française (temps universel + 2 h).

EXPOSITIONS

Brest (29)

Cyclops, explorateur de l'océan
Destinée aux 6-10 ans, cette exposition, conçue pour le 25e anniversaire d'Océanopolis, invite à explorer des écosystèmes marins, observer et comprendre leur fonctionnement, et prendre conscience de la richesse et de la fragilité de la biodiversité marine.
Océanopolis, port de plaisance du Moulin-Blanc, jusqu'à début 2017. Rens. : 02.98.34.40.40.

Les Eyzies-de-Tayac (24)

L'homme est-il un grand singe ?
À travers différentes manipulations et expériences, cette exposition s'interroge sur nos ressemblances et dissemblances avec les grands singes, tant physiques et anatomiques, que cognitives et intellectuelles. Accessible dès 7 ans, elle est complétée par une autre exposition, « La petite planète des grands singes », pour les 3-6 ans.
Pôle International de la préhistoire, 30, rue du Moulin, jusqu'au 29 novembre. Rens. : 05.53.06.06.97.

Paris (75)

Osiris, mystères engloutis d'Égypte
250 objets issus de sept années de fouilles sous-marines ainsi qu'une quarantaine d'œuvres provenant des musées du Caire et d'Alexandrie, dont certaines sortiront pour la première fois d'Égypte *(lire p. 54)*.
Institut du monde arabe, 1, rue des Fossés-Saint-Bernard, du 8 septembre au 31 janvier 2016. Rens. : 01.40.51.38.38.

Océan 2050
Une exposition pour sensibiliser à l'impact du dérèglement climatique sur les océans autour de quatre problématiques marines : la montée des eaux ; la modification de la biodiversité ; l'élévation de la température des eaux ; la gélification. Des écrans géants sur six grands bassins diffusent un aperçu de ce que seront les océans de demain si l'action de la COP21 échoue.
Aquarium de Paris, 5, avenue Albert-de-Mun, jusqu'au 3 janvier 2016. Rens. : 01.40.69.23.23.

Saint-Antoine-l'Abbaye (38)

De parcs en jardins, une flânerie parisienne
Des vues de parcs et jardins parisiens réalisées entre 1858 et 1914 et issues des fonds patrimoniaux de la Ville de Paris témoignent des aménagements réalisés dans la capitale pendant la révolution industrielle et du dynamisme du Second Empire.
Musée de Saint-Antoine-l'Abbaye, le Noviciat, jusqu'au 11 novembre. Rens. : 04.76.36.40.68.

Toulon (83)

La Grande Guerre en Méditerranée
Les grandes dates qui ont marqué la Première Guerre mondiale, avec un hommage, cent ans après, aux marins français, parmi lesquels de nombreux Toulonnais.
Musée national de la marine, place Monsenergue - Quai de Norfolk, jusqu'au 8 mai 2016. Rens. : 04.22.42.02.01.

Tours (37)

Plus vrai que nature
Comment les objets sont-ils fabriqués ? Qui les réalise ?

2014, PROLITTERIS ZÜRICH. PHOTO : MUSEUM TINGUELY BASEL ET CHRISTIAN BAUER

« Fatamorgana, Méta-Harmonie IV », de Jean Tinguely, 1985.

Exposition / Luxembourg

Eppur si muove

Intitulée de manière un peu élitiste, « Et pourtant elle tourne » — une évocation de la phrase attribuée à Galilée —, la grande exposition du Mudam porte un sous-titre plus explicite : « Art et technique, un espace partagé ». Le propos est de montrer les multiples liens existant entre le champ des arts visuels et celui des techniques. Pour ce faire, quelque 70 pièces datant du milieu du XVIIIe siècle à nos jours, issues des collections du musée des Arts et Métiers de Paris, sont présentées, non comme un vaste cabinet de curiosités mais dans un dialogue avec une centaine d'œuvres d'artistes contemporains internationaux. Entre autres projets spécifiques présentés pour la première fois, une œuvre de Sophie Krier, la réplique du pendule de Foucault (1851), s'annonce comme un lustre, au-dessus d'une table. Ou encore Guido, le robot guide de Paul Granjon qui, au fil des 3000 m² d'exposition se fait médiateur 2.0. Il accompagne le visiteur, allant même jusqu'à dialoguer avec lui. Le parcours est structuré en trois grandes sections : « La mesure du monde », « La matière dévoilée » et « Les inventions appliquées », chacune organisée dans diverses salles aux thématiques précises. Ce qui a parfois l'air d'être de l'art est de la science, et réciproquement. ■ **Patrick Le Fur**
Mudam Luxembourg, Grand-Duc-Jean, 3, Park Draï Eechelen, jusqu'au 17 janvier 2016. Rens. : + 352.45.37.85.1.

Quelles sont les techniques employées aujourd'hui ? Réponses à ces questions avec des objets anciens et contemporains provenant des collections des muséums de Tours, Lille, ou Nantes et d'artisans de la France entière.
Muséum, 3, rue du Président-Merville, jusqu'au 5 mars 2017. Rens. : 02.47.21.68.08.

CONFÉRENCES

Cahors (46)

Accidents planétaires, des météores aux cratères
Par Sylvain Bouley, planétologue, maître de conférences au laboratoire Géosciences Paris Sud.
Salle des Congrès, espace associatif Clément-Marot, place Bessières, le 22 septembre. Rens. : 05.65.22.28.14.

Enghien-les-Bains (95)

Cellule-souche humaine
Bar des sciences avec le Dr Christine Baldeschi, de l'institut I-Stem, le Dr Olivier Goureau, de l'Institut de la vision, et le Dr Philippe Menasché, de l'Hôpital européen Georges-Pompidou.
Cercle universitaire, 23, rue de la Libération, le 22 septembre à 19 h 30. Rens. : 07.82.28.33.61.

Exposition / Paris (75)

Invention-Design : regards croisés

Machine à écrire électrique, Underwood, modèle Raphael, 1950-1980.

MUSÉE DES ARTS ET MÉTIERS-CNAM/PHOTO P. FALIGOT

« L'idée de l'exposition n'est pas de raconter ce qu'est le design, mais ce qu'il peut faire », avance Antoine Fenoglio, designer et co-commissaire de l'exposition. Ce n'est donc pas un parcours historique ou une initiation, mais un choix subjectif et partiel sur l'univers des possibilités. L'exposition commence avec des exemples illustrant la façon dont on peut réinventer le vélo, en misant sur le style, la performance ou l'aspect fonctionnel. Ensuite la salle principale s'articule autour d'un alignement central de vitrines exposant des objets du quotidien : autocuiseurs, ampoules, machines à écrire... Ces « séries » rappellent comment la forme des objets est conditionnée par leur principe de fonctionnement et comment il est difficile de s'en abstraire. Tout autour, les objets sont regroupés autour de quatre thématiques. La « curiosité », « l'essentiel », « l'audace », « le contexte ». La visite guidée (tous les jours, sans réservation, à 15 h 30) est à conseiller car la scénographie seule ne renseigne pas assez le visiteur sur l'intérêt des pièces choisies. **M. N.**

Musée des Arts et Métiers, 60, rue Réaumur, jusqu'au 6 mars 2016. Rens. : 01.53.01.82.00.

Paris (75)

Les tortues marines de l'outre-mer français
Par Cécile Gaspar, docteur vétérinaire, présidente de l'association Te mana o temoana pour la protection de l'environnement marin en Polynésie française, Jérôme Bourjea, chercheur en halieutique et écologie marine à l'Ifremer, et Jean Lescure, attaché honoraire au Muséum national d'histoire naturelle.
Maison des Océans, 195, rue Saint-Jacques, le 9 septembre à 19 h 30. Rens. : 01.44.32.10.70.

Colloque / Paris

PARTENARIAT SCIENCES AVENIR

S3 Odéon

Ce colloque sur la santé de demain *« au service d'une pensée positive »* (S3 pour sciences, santé, société) est fortement inspiré des conférences Ted. Les interventions promettent d'être très courtes, quelques minutes tout au plus. De 10 à 30 personnalités du monde de la science, de la médecine et de la culture défileront ainsi pour délivrer leur message. Autre originalité, les 700 spectateurs pourront interagir avec les conférenciers lors de fréquents intermèdes. *« Nous parlerons des progrès que l'on peut vraiment attendre de la médecine »*, précise Jean-François Bach, immunologiste et secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, qui interviendra lors de cette manifestation. *(Lire aussi p. 29.)* **E. S.**

PATRICK TOURNEBŒUF

Théâtre de l'Europe, place de l'Odéon, le 12 septembre. Rens. : www.s3odeon.fr

Poitiers (86)

Les experts de l'identification médico-légale
Par Aimé Conigliaro, ingénieur à l'Institut de recherche criminelle de la Gendarmerie nationale, Pierre Fronty, odontologue, expert judiciaire, Charles Georget, expert en odontologie médico-légale, membre de l'Unité Gendarmerie d'identification des victimes de catastrophes, et Michel Sapanet, directeur de l'Institut de médecine légale de Poitou-Charentes.
Espace Mendès-France, 1, place de la Cathédrale, 10 septembre à 18 h 30. Rens. : 05.49.50.33.08.

Rennes (35)

Quand notre voix s'exprime
Par Nathalie Henrich Bernardoni, physicienne au département Parole et Cognition de l'université Stendhal à Grenoble.
Les Champs libres, salle de conférences Hubert-Curien, 10, cours des Alliés, le 15 septembre à 20 h 30. Rens. : 02.23.40.66.40.

Saint-Césaire (17)

Des fossiles d'organismes pluricellulaires vieux de plus de deux milliards d'années
Par Abderrazak El Albani, géologue, professeur à l'université de Poitiers.
Paléosite, route de la Montée-Verte, le 18 septembre à 19 h. Rens. : 05.46.97.90.90.

ET AUSSI

Paris (75)

Immersion 2015
Conférences avec les plus grands spécialistes mondiaux de l'impact des technologies immersives telles que les masques de réalité virtuelle, les hologrammes, les objets connectés, la robotique, l'impression 3D, etc. Deux journées sont ouvertes au grand public *(lire aussi p. 82)*.
Université Paris-Sorbonne, du 7 au 10 septembre. Programme et inscriptions : http://summit.immersiveeducation.org/

24 h avec... Léonard de Vinci
Nouveau rendez-vous au Louvre : un week-end destiné au grand public pour redécouvrir une personnalité emblématique du musée. Pour cette première édition, projections, entretiens, concerts, spectacles... se succéderont afin d'explorer les différentes facettes de Léonard de Vinci, peintre, ingénieur, anatomiste, musicien...
Louvre, auditorium, les 19 et 20 septembre. Rens. : 01.40.20.53.17.

STEIN J. BJØRGE

Loin des lumières de la côte, le pont d'un navire est un endroit idéal pour contempler les lueurs célestes.

CERCLE POLAIRE

Sous le charme des aurores boréales

Deux tours-opérateurs français proposent des séjours sous les latitudes arctiques pour découvrir ce spectacle inoubliable.

« *Avant d'admirer pour de vrai une aurore boréale, j'étais persuadée que ce n'était qu'une lumière, certes très colorée mais figée, statique… En fait, il n'en est rien : les formes évoluent sans cesse, prenant des aspects changeants, dansants. Elles couvrent le ciel d'explosions de vert ou de rose avant de se réduire en un filet lumineux annonçant la fin d'un spectacle inoubliable* », explique Julie, qui a découvert le phénomène en Islande.

Les aurores boréales constituent sans aucun doute l'un des plus beaux et plus grands spectacles de la nature. Elles se manifestent aux deux pôles magnétiques de la Terre, au nord, les aurores boréales, au sud les australes. Ce n'est qu'en 1901 que le Norvégien Christian Birkeland eut l'intuition que des particules chargées provenant directement du Soleil se trouvaient piégées dans le champ magnétique de la Terre, produisant ainsi une lumière colorée. Faute de preuves et de mesures précises, il fallut attendre 1957 et les calculs du physicien américain Eugene Newman Parker pour valider la théorie.

« *Pour découvrir les aurores boréales, il faut se rendre en Islande, en Norvège, en Suède ou en Finlande, pays dans lesquels un tourisme d'observation s'est développé depuis près de vingt ans* », explique l'astronome et planétologue français Jean Lilensten. Avec son équipe, du CNRS, il a découvert en mai 2015 que des aurores se produisaient également sur Mars.

Sans aller si loin, chaque année, entre les équinoxes d'automne et de printemps, des milliers de voyageurs se rendent sous les latitudes arctiques pour y contempler la beauté des lueurs célestes qui nous font tant rêver. Les tours-opérateurs français Islandtours et Hurtigruten proposent de nombreux séjours pour jouer les chasseurs d'aurores entre le 21 septembre et le 21 mars.

Mais attention, même si le maximum de conditions sont réunies entre 65 et 75° de latitude, les aurores boréales se produisant à plus de 80 kilomètres d'altitude, le résultat n'est pas garanti tous les soirs. ■ **Robert Kassous**

NORVÈGE

Une croisière lumineuse

Au nord du cercle polaire, les navires du croisiériste Hurtigruten sont des lieux d'observation de premier choix pour les aurores boréales. *« Loin des lumières des ports de la côte norvégienne, les 22 escales de notre croisière emportent le voyageur jusqu'au Spitzberg qui, grâce à sa proximité avec le pôle Nord, offre les meilleures chances d'admirer les mythiques aurores boréales »*, explique Christine Bois, directrice générale de Hurtigruten France.

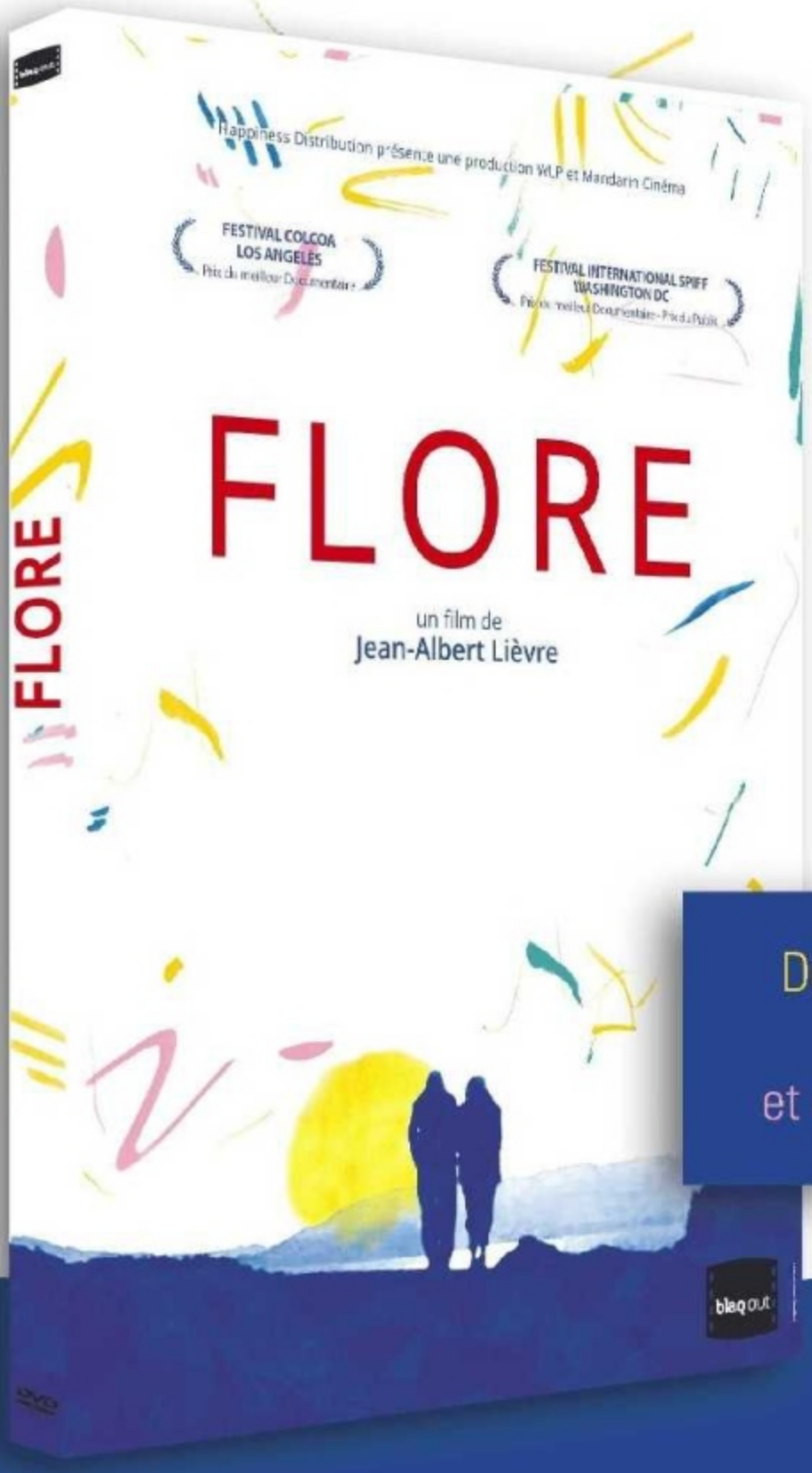
GUIDE PRATIQUE

Islandtours
En Islande, les rives du lac Myvatn ont été aménagées afin de favoriser l'observation des aurores boréales. Programme multi-activité de 8 jours, vols, transferts, 7 nuits d'hôtel, excursions, prix : 1315 €.
23, boulevard Henri-IV
75004 Paris
Tél. 01.56.58.30.20
www.islandtours.fr

Hurtigruten
En Norvège, croisière Bergen-Kirkenes-Bergen de 12 jours. Prix par personne, en cabine intérieure double et pension complète (hors transport aérien), sur une sélection de départs du 01/11 au 31/12/15, à partir de 1299 €.
2, rue de la Roquette,
75011 Paris
Tél : 01.58.30.86.86
www.hurtigruten.com/fr

Planeterrella
Ce simulateur d'aurores polaires, créé par Jean Lilensten, est à découvrir au Palais de la découverte à Paris
Tél : 01.56.43.20.20
www.palais-decouverte.fr

UN TÉMOIGNAGE OPTIMISTE ET PLEIN D'AMOUR POUR LUTTER CONTRE LA MALADIE D'ALZHEIMER



" Un film bouleversant "
LE POINT

" Filmé avec amour "
LE FIGARO

" Délicat et tendre "
TÉLÉOBS

SUPPLÉMENTS

- Entretiens avec les intervenants du film
- *FLORE SONG*, clip musical

Disponible **EN DVD** chez blaq out
boutique.blaqout.com
et **en VOD** sur univers | ciné

SCIENCES ET AVENIR
santé magazine

L'INFO SCIENTIFIQUE EN CONTINU
sciencesetavenir.fr
DISPONIBLE SUR IPHONE/ IPAD, ANDROID ET TOUS LES SMARTPHONES

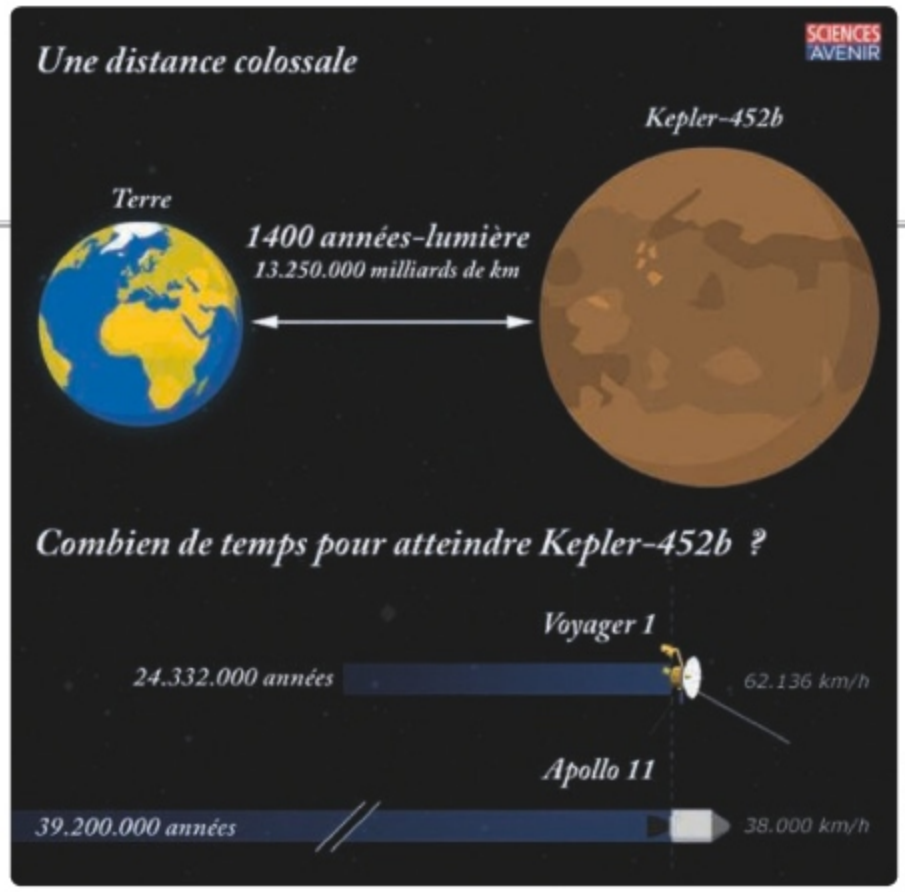
TENDANCE 2.0

Avatar. Réaliser un selfie en 3D et obtenir son avatar personnalisé en quelques minutes à peine… C'est désormais possible grâce à une technique développée à de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (Suisse). *« Nous voulions que la marche à suivre soit simple et rapide :*

MURIELLE GERBER, EPFL 2015

il suffit de se filmer et de prendre quelques plans additionnels pour les expressions du visage, et notre algorithme s'occupe du reste », explique Alexandru Eugen Ichim, l'un de ses concepteurs. Le double numérique, l'avatar, peut alors être affiché sur un écran et animé en temps réel avec une caméra qui traque les mimiques. *« Le but était de rendre le processus accessible à toute personne ayant un smartphone »,* ajoute le chercheur. Plus de précisions sur la technique sur le site de « Sciences et Avenir ».

http://sciav.fr/1K206PM



Kepler-452b, l'exoplanète qui ressemble le plus à la Terre

INFOGRAPHIE. Elle s'appelle Kepler-452b. Cette nouvelle venue de taille terrestre, présentée par la Nasa le 23 juillet, parcourt son orbite en 384 jours autour d'une étoile similaire au Soleil. Elle se situe donc dans la zone d'habitabilité de son étoile mais reçoit en outre de cette dernière autant d'énergie que la Terre de la part du Soleil. Bref, pour l'heure, l'exoplanète et son étoile constituent le système le plus similaire au binôme Terre-Soleil. http://sciav.fr/1CYIZNa

LES ARTICLES LES PLUS LUS

LES FANTÔMES DE LA PLANÈTE MARS

Espace. Au milieu des nombreuses photos de la planète Rouge fournies par le robot Curiosity, se cachent parfois des rochers dont les formes titillent notre imagination.
http://sciav.fr/1E0mt73

REDOUTABLE BOA

Animaux. La force et la technique des serpents constricteurs sont impressionnantes. Pourtant, la cause de la mort de la proie restait inconnue. On pensait à l'étouffement… à tort, selon une étude américaine.
http://sciav.fr/1K3how0

LES 7 PLATS LES PLUS DANGEREUX

Nutrition. Si nombre de spécialités culinaires ravissent les gourmets du monde entier, d'autres pourraient vous faire regretter d'avoir fini votre assiette.
http://sciav.fr/1lsfHUi

RETROUVEZ-NOUS SUR LES RÉSEAUX SOCIAUX

KENNETH BRANDON

IMAGES. FESTIVAL DE PERSÉIDES

Durant les nuits des étoiles, en août, on a pu observer jusqu'à près de 100 étoiles filantes par heure. Parfois immortalisées par des clichés magnifiques.
http://sciav.fr/1hHSMOh

O.LASCAR

BLOG DESSINS http://sciav.fr/olascar

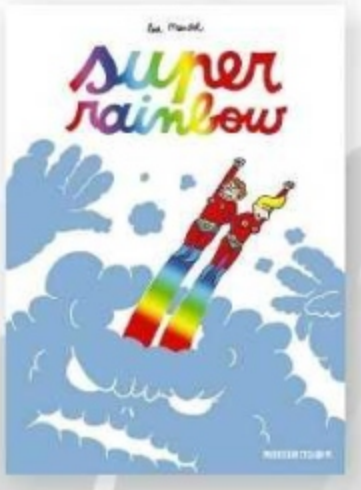
YOUTUBE

VIDÉO. L'EFFET MAGNUS

Que se passe-t-il lorsque vous laissez tomber un ballon de basket depuis une très grande hauteur en lui donnant au préalable un petit mouvement de rotation ? Le résultat est étonnant. http://sciav.fr/1DXYpSH

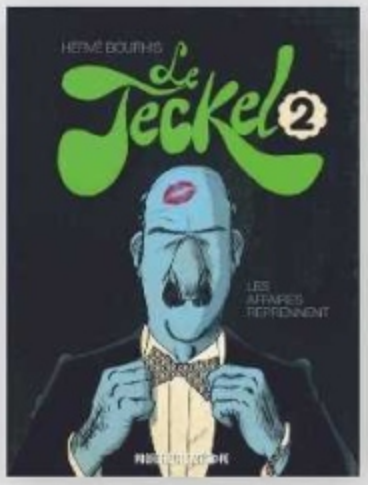
arte EDITIONS

LA RENTRÉE D'ARTE EDITIONS



28 août
SUPER RAINBOW
de Lisa Mandel

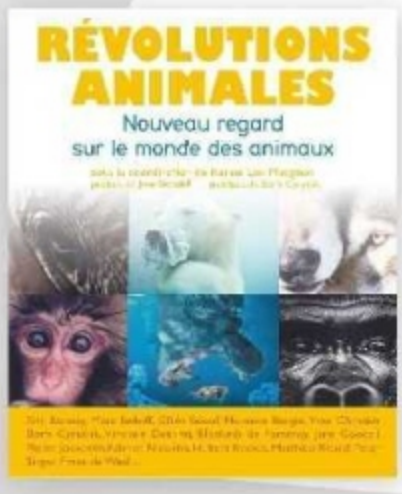
28 août
P'TIT QUINQUIN
de Bruno Dumont



15 octobre
LE TECKEL 2
d'Hervé Bourhis

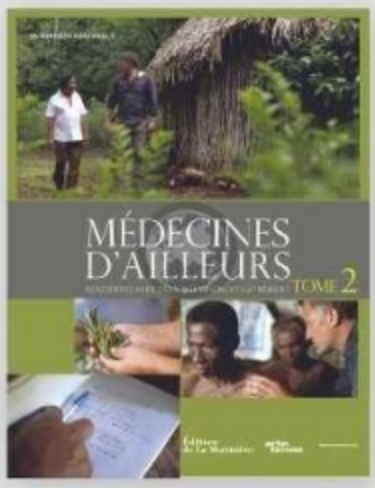
15 octobre
IRRESPIRABLE
de Delphine Prunault et Alice Bomboy

22 octobre
MYSTÈRES D'ARCHIVES
de Cédric Gruat et Serge Viallet



5 novembre
RÉVOLUTIONS ANIMALES
sous la direction de Karine-Lou Matignon

5 novembre
C'EST ÇA PIERRE ETAIX
de Odile et Marc Etaix



5 décembre
MÉDECINES D'AILLEURS 2
de Bernard Fontanille

AUTEURS EN DÉDICACE

HERVE BOURHIS « Le Teckel », LISA MANDEL « Super Rainbow »
Paris FNAC Forum : 26 septembre – 16h/ FNAC Bordeaux : 17 octobre – 15h

Retrouvez toute l'actualité d'ARTE Editions sur **www.arteboutique.com**

Cassegrain

Une autre idée du légume

Suggestion de présentation.

"Légumes pour couscous lentement
cuisinés aux épices douces...
Une extraordinaire palette de saveurs !"

Achetez en ligne sur www.cassegrain.com

POUR VOTRE SANTÉ, ÉVITEZ DE GRIGNOTER ENTRE LES REPAS. WWW.MANGERBOUGER.FR